DIE NATURWISSENSCHAFTEN

1. Jahrgang. 18. April 1913. Heft 16.

Freuds psychoanalytische Theorien.

Von Dr. med. et phil. Arthur Kronfeld, Heidelberg.

Das Wort *Kants:* es „muß empirische Seelenlehre jederzeit von dem Range einer eigentlich so zu nennenden Naturforschung entfernt bleiben"[1]), trifft zwar, wie die Geschichte der Psychologie im letzten Jahrhundert zeigt, für die experimentell-psychologischen Methoden und ihre Ergebnisse nicht zu. Aber beim Überblick über diese methodisch nur schwer noch zu vervollkommnende Disziplin erhebt sich doch die Frage: hat diese Fülle von exakter Naturforscherarbeit uns denn nun wirklich dem Wesen des eigentlichen seelischen Geschehens näher gebracht? Man hat die psychischen Vollzüge in quantitativ bestimmbare, unter variablen Bedingungen jederzeit beliebig reproduzierbare Teilabläufe aufgespalten und so in eine für induktive Schlüsse verwertbare Form gebracht. Aber liegt das Eigentliche des seelischen Lebens nicht gerade in all Demjenigen, das für diese Methoden als irreduzierbar, als unangreifbarer Rest bestehen bleibt? Man übersah, daß ein typischer, jederzeit wiederholbarer psychischer Vorgang gerade auf das Gegenteil dessen hinausläuft, was am Seelischen das eigentliche Wesen ausmacht: des Individualen, Inhaltlichen, Einmaligen, Unwiederholbaren. Niemals kann die generelle Form eines psychischen Teilablaufes, oder die gemessene Leistungsgröße von Funktionstypen, niemals kann elementare und experimentelle Psychologie den Inhalt des Innenlebens beim einzelnen Menschen determinieren: beides bildet schon als Aufgabe, als Problem einen unüberbrückbaren Gegensatz. Gewiß ist mit dieser Feststellung in keiner Weise der Wert der experimentellen Arbeit bezweifelt; nur ihre Adäquatheit im Hinblick auf die eigentliche „Seelenkunde von innen" wird, und allerdings radikal, eingeschränkt. Und damit scheint *Kants* zitiertes Wort aufs neue in seiner Geltung bestätigt. Folgerichtig hat man neuerdings, im Gegensatz zu dieser Psychologie nach naturwissenschaftlicher Methode, die *individuelle Psychologie*, die sich nur deskriptiv und höchstens abstrahierend verhält, gänzlich aus dem Bereich der Naturforschung herausrücken und als Grundlage der Geisteswissenschaften, besonders der historischen Arbeitsweisen, entwickeln wollen[2]). Zuletzt hat man wenigstens die individuellen Seinsweisen in ihrer komplexen Gegebenheit als das Gebiet einer phänomenologischen Disziplin (der Ausdruck wurde von der physikalischen Phänomenologie entlehnt) in ein eigenartiges Mittelverhältnis zwischen beide Wissensgebiete und in eine besondere vorwissenschaftliche Beziehung zur Logik gestellt[3]).

Es soll hier nicht gezeigt werden, wie sich nach der Meinung des Verfassers die Rechtsfrage des Anspruchs der Psychologie darauf, als Naturwissenschaft zu gelten, schlichten läßt. Ohne eine methodologisch durchgebildete Theorie der inneren Erfahrung, ohne die Entscheidung darüber, ob Kausalität auf psychische Phänomene anwendbar und wie sie bestimmbar ist, kurz: ohne die bewußte Einordnung der Psychologie in den systematischen Rahmen einer kritischen Naturphilosophie ist die Lösung dieses Problems nicht möglich. Hierzu habe ich mich anderen Ortes mehrfach geäußert. *Freud* nun seinerseits hat sich nicht lange bei den methodologischen Vorfragen aufgehalten. Er kam von der psychopathologischen Praxis her — wo gerade in den letzten Jahrzehnten die Forschung gegenüber dem individuellen Erleben der Kranken zu einer fast verderblichen Resignation gelangt war — und war begabt mit einer hingebenden und feinfühligen Intuition für alle Einzelheiten im Erleben seiner Neurotiker, und mit einer starken nachbildenden Phantasie. Dabei war ihm höchst gleichgültig, wieweit die Lösungen der Rätsel, die er seinen Kranken abgerungen zu haben vermeinte, methodisch gesichert, wieweit sie generalisierbar waren. Und dieser Unbekümmertheit verdanken wir den nach Tendenz und Problemstellung ebenso wie nach dem Umfange des Geleisteten gleich bedeutenden und fesselnden Versuch, eine *Psychologie der individuellen Inhalte* zu schaffen — und diese Psychologie *als Naturforschung* zu schaffen: Regeln der kausalen Verknüpfung und Determinierung von psychischen Inhalten zu geben, eine *Dynamik der psychischen Abläufe* aufzustellen. Wir verdanken dieser Unbekümmertheit freilich auch all jene Willkür und jenen Mangel an methodischen und sachlichen Kriterien, der besonders in den Werken von manchem seiner Schüler seltsame Blüten zeitigt, und der auch eine Auseinandersetzung oder Einigung mit seinem Lehrgebäude so überaus erschwert. Denn tatsächlich hörten für die meisten Forscher dieses Kreises da, wo ihre Lehre gesprochen hatte, die Probleme einfach auf, während sie gerade dann, wenn ihre Lehre dort neue Tatsachenbereiche erschlossen hätte, erst mit aller Schwere hätte beginnen sollen. Ganz neuerdings zeigt sich in diesem fanatischen Radikalismus eine erfreuliche und verheißungsvolle Wendung zum Besseren[1]).

[1]) *Kant*, Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft. 2. Aufl. S. X.

[2]) *Dilthey*, Ideen über eine beschreibende und zergliedernde Psychologie. Berl. Akad. 1894.

[3]) *Husserl*, Logische Untersuchungen, Bd. *II*, 1901.

[1]) *Freuds* Hauptwerke, die hier in Frage kommen, sind: Studien über Hysterie (mit *Breuer)*, 1895. Die Traumdeutung, 3. Aufl., 1911. Der Witz und seine Beziehung zum Unbewußten, 1905. Drei Abhandlungen zur Sexualtheorie, 2. Aufl., 1910. Von Werken seiner Anhänger seien als die wertvollsten genannt: *Jung*, Psychologie der Dementia praecox, 1908. Diagnostische Assoziationsstudien, im Journal f. Psychol. u. Neurol. seit 1904. *Bleuler*, Dementia praecox, 1911, wohl das bedeutendste Werk der gesamten Bewegung. Ferner sei verwiesen auf die Sammlung von *Freuds* kleinen Schriften zur Neurosenlehre und auf die Veröffentlichungen

Klarer als aus langen theoretischen Erörterungen läßt sich das Besondere der Arbeitsweise dieser Schule und ihre Art, über anschaulich-räumliche Verbildlichungen gleichsam metaphorisch zu psychologischen Abgrenzungen zu kommen, an einem beliebigen Beispiel dartun. Und zwar wähle ich, um die außerordentlich weitgehende Anwendbarkeit der Methode zu zeigen, irgendein Beispiel aus der Literatur, das einen mit den bisherigen Mitteln psychologisch nicht erklärbaren Zusammenhang darstellt und dessen Autor mit Freudschen Theorien ganz unbekannt war. In *Kokoro* des *Lafcadio Hearn* wird von einer jungen Japanerin O-Toyo erzählt[1]), der ihr Gatte und ihr einziges Kind plötzlich durch den Tod entrissen werden. Sie macht, in ihrem Schmerz, eine Art von akuter Psychose mit Bewußtseinstrübung durch. Als dann die Bewußtseinsverdunklung sich behoben hat und O-Toyo mit sich und ihren Erinnerungen allein ist, beginnt sie kleine Spielsachen aufzustellen, breitet die Kleidchen ihres Kindes vor sich aus, liebkost sie, plaudert mit ihnen. Aber noch wird diese selbstgeschaffene glücklichere Umwelt ab und zu von dem Bewußtwerden der wirklichen Situation mit ihrem Kummer unterbrochen. O-Toyo bittet einen Priester um Beistand. Der beschwört die Toten. Sie hört eine Stimme aus ihm rufen: „Ich komme" — und schon ist diese Stimme nicht mehr seine eigene, sondern die ihres Kindes, dessen Geist in den Priester eintrat. Dieser spricht zu ihr und verbietet ihr das Weinen, da sonst seine Seele keine Ruhe findet — was durch detaillierte mythische Allegorien eine zwingende Begründung erfährt. Seitdem weint O-Toyo nicht mehr. Aber nun beginnt sie, eine seltsame Liebe für ganz kleine Dinge an den Tag zu legen. Ihr Bett, ihr Haus, ihr Zimmer, ihre Blumenvasen, ihr Kochgeschirr — alles ist ihr zu groß. Sie ißt nur noch aus winzigen Schüsseln mit kindlichem kleinen Eßgerät. Sie webt nur noch kleine, für ihren Gebrauch zu schmale Kleidchen. Sie spielt und unterhält sich nur noch mit kleinen Kindern — sie wird selbst wie ein Kind. So bleibt sie allein und glücklich bis zum Tode.

Ein Schulfall für *Freud!* Ein Mensch erleidet hier eine seelische Verwundung — den Tod von Mann und Kind — und diese wird zur dynamischen Quelle aller seiner späteren Erlebnisinhalte. Die zunächst erfolgende akute psychotische Reaktion mit Bewußtseinstrübung beseitigt das psychische Trauma nicht: das Kind ist tot, ist unwiederbringlich verloren, auch als O-Toyo aus ihrer Bewußtseinstrübung erwacht. *Der Konflikt zwischen Wunsch und Wirklichkeit* bleibt offen. Und *Freudsche Mechanismen* sind es nun, die O-Toyo zur Überwindung dieses Konfliktes führen. Die mit ihrem Gefühlsleben unvereinbare Wirklichkeit wird aus dem Bewußtsein *verdrängt,* und ihr *Wunsch,* das Kind möchte leben, gewinnt vor ihrem Bewußtsein *Realität.* Zunächst in einer Art von affektiver Befangenheit vor dem Priester. Sie bittet den Geist des Kindes, ihr zu erscheinen; und bei ihrer völligen Hingabe an diesen Wunsch rückt er, um mit *Freud* zu sprechen, *aus dem Optativ in das Praesens:* so kommt die akustische Illusion zustande — so kommen nach *Freud* alle wahrnehmungsartigen psychischen Gebilde im Traume, ebenso alle Halluzinationen zustande. Im deutschen Märchen vom Tränenkrüglein, das ähnliche psychologische Voraussetzungen macht, *sieht* die Mutter im Traume ihr totes Kind. Und die Erfüllung des Wunsches hebt den Konflikt auf und verbietet das aus ihm entspringende Leiden. Diese Konsequenz *symbolisiert* sich direkt in dem Verbot des Kindes, noch ferner zu weinen. Und dieses Verbot erfährt noch eine besondere allegorische Begründung aus dem Wesen der Situation heraus; es ist also *mehrfach determiniert.* Daher kann O-Toyo aufhören zu weinen. *Dauernde* Befreiung aus ihrem Leiden kann aber auch so nicht erfolgen: das Kind bleibt ihr entschwunden. Es muß sich daher die *einmalige* Verwirklichung ihres Wunsches in eine *dauernde* verwandeln; und das ist nur um den Preis möglich, *daß sie selber mit dem Wunschobjekt verschmilzt.* So identifiziert sie sich und ihr Leben mit ihrem Kinde, und lebt nun — für ihr eigenes Bewußtsein — dessen Leben weiter; seine Umwelt wird zur ihren, seine Altersgenossen zu ihrem Verkehrskreise; sie findet immer erneute *symbolische Manifestationen* für den Vollzug dieser Verwachsung mit ihrem Wunschobjekt. *Daß* sie sich in diese Selbsttäuschung hineinflüchtet, *weiß sie nicht* — sonst wäre dieser Prozeß ja nicht wirksam; es ist ihr *Unbewußtes,* das diese Lösung des Konflikts findet und ihr so ihre innere Ruhe garantiert. Ihr Wunsch wird also realisiert, indem das Unbewußte *die Außenwelt abändert* und die Beziehungen des Bewußtseins zur Außenwelt einer solchen *Zensur* unterwirft, als sei Wunschobjekt und erlebendes Subjekt *eine* Wirklichkeit. Alle seelischen, insbesondere affektiven Regungen passieren, bevor sie ins Bewußtsein eintreten, im *Vorbewußten,* diese *Zensur;* diese *verschiebt* die affektiven Energien der psychischen Inhalte von denjenigen, deren Bewußtwerden das psychische Gleichgewicht stören würde, von den *unlustentbindenden,* auf diejenigen, die dazu beitragen, es herzustellen und zu fördern. Diese werden somit zu *Symbolen der Wunscherfüllung.* Die hiermit unvereinbare Realität bleibt *verdrängt* und *zensuriert,* sie ist in ihrer wahren Gestalt *nicht bewußtseinsfähig.* Zutiefst im Unbewußten steckt die seelische Richtkraft dieses ganzen Prozesses: die *Wunde,* der *Konflikt,* der *Komplex (Jung, Bleuler);* sei er nun negativ als *Leiden an Reminiszenzen* (nach der älteren, von *Freud* wieder ziemlich aufgegebenen Bestimmung der Wurzel von Hysterie), sei er positiv als Wunsch bestimmt.

Das Ergebnis in diesem Falle ist, wie es *Freud* nennt, eine *Flucht in die Psychose.* Es gibt auch

im Jahrbuch für psychoanalytische Forschung, Bd. *I—IV.* Fast alle Werke der Freudschen Schule erschienen bei F. Deuticke, Wien.

Von kritischen Schriften ist die umfangreichste und bis ins Detail sorgsam eindringende, aber noch im Werden begriffene Arbeit von *K. Mittenzwey,* Versuch zu einer Darstellung und Kritik der Freudschen Neurosenlehre, in der Zeitschr. f. Pathopsychologie, Bd. *I, II,* zu nennen. Auch *Verfasser* hat wenigstens den theoretischen Teil der Lehre kritisch behandelt in: Über die psychologischen Theorien *Freuds* und verwandte Anschauungen, Leipzig 1912; 120 S.

[1]) Die Nonne im Tempel von Armida.

andere, tieferliegende Bestimmungsgründe dieser dynamischen Wurzel von Erlebensinhalten; davon weiter unten.

Gewiß ist die psychologische Aufklärung dieses Beispiels keine zwingende, und erst recht keine „exakte". Aber für die Praxis der Psychopathologie wäre sie ausreichend vollständig; und gerade wegen der freien Verbildlichung der seelischen Dynamik haben *Freuds* viel ausführlichere Analysen etwas künstlerisch Bestrickendes[1]).

Daß *Freud* für eine ganze Reihe psychischer Erlebnisfolgen solche befriedigende Verständnismöglichkeit gefunden und dadurch unsere Fähigkeit, uns in krankes, seltsames, unterbewußtes Seelenleben hineinzuversetzen, gesteigert hat, ist das Große an seiner Leistung. Und das wird sein dauerndes Verdienst bleiben, auch dann noch, wenn seine theoretischen Fundierungen längst in ihrer Unzulänglichkeit erkannt, seine Einseitigkeiten und Übertreibungen längst vergessen sind.

Es gibt ja, in der Tat, zwei große Gruppen psychischer Phänomene. Die eine läßt sich bestimmen als der Umfang des normalen Wachlebens, wo die eigene Reflexion dem Handeln Zwecke setzt und Mittel findet, die durch Umwelt, Gesellschaft, Pflicht und Bedürfnis geboten sind; wo der psychische Ablauf unter der Wirkung wechselnder, von außen herantretender Aufgaben und Anforderungen steht und inhaltlich fast ganz davon absorbiert wird, ihnen zu genügen. Diese Phänomene, die wesentlichen, konstitutiven unserer Persönlichkeit, auf deren Vervollkommnung Erziehung und Lebensführung unablässig hinarbeiten, haben gleichwohl für *Freud* kein Problem gebildet, keine Erklärungsbedürftigkeit eingeschlossen; er nahm sie als Gegebenheiten hin. Anders ist es bei der *zweiten Gruppe* psychischer Phänomene, die in unser geordnetes, zweckgerichtetes Wachleben oftmals wie etwas Unerklärliches, Unvereinbares hineinragen. Hierzu gehören die *Träume*, die des Schlafes sowohl wie die *Wachträume* des einsamen Insichversinkens; ferner auch manche unerklärliche Störungen und Unterbrechungen unserer zwecklichen Wachtätigkeit: daß uns plötzlich ein eben noch bewußtseinsbereites *Wort nicht einfällt* — meist sind es Namen; daß wir uns, gerade im bedeutsamen Momente und auf peinliche Art, *versprechen* oder *verschreiben* oder andere *Fehlhandlungen* begehen; dahin gehören ferner anscheinend *zwecklose* und *unbemerkte motorische Abläufe*, Gesten usw. Ferner gehören hierher bestimmte Arten psychischer Produktivität, die nicht durch soziale Zwecke gefordert, sondern anscheinend Selbstzweck ist: die Abläufe, die zur *künstlerischen Gestaltung* führen, und ihr Ausdruck im Kunstwerk. Ferner die Bildung von besonderen *Zeremonien, Mythen, Märchen* und *symbolischen religiösen Grundvorstellungen bei naiven Völkern*. Ferner die Entstehung des adäquaten *Sexualzieles* und *Sexualobjektes*, seiner Ausgestaltung zum *Liebesideal*, und die Ausbildung der seelischen Einzelbeziehung zu ihm in ihrer Bestimmtheit. Ferner Entstehung und Inhalte von *Symptomen* bei bestimmten, nicht somatisch bedingten *psychischen Erkrankungen*: Wahn, Halluzination, Angst, Zwang, Krampf und Lähmung. Ferner endlich, in unterirdischem Zusammenhang mit einem Teil dieser Phänomene, der *Witz*. Alles dies sind „Freudsche Phänomene", nach dem Anspruche seiner Theorie.

Die Heterogeneität dieser Zusammenstellung darf nicht übersehen lassen, daß ihnen allen doch *ein* — negatives — Merkmal gemeinsam ist: ihr Herausfallen aus der Gruppe reflexionsdurchherrschter Abläufe, die von den Aufgaben der Umwelt und des wachen Wollens mit seinen Zielen bestimmt werden. Und *Freud* meinte nun, tieferliegende *positive* Gemeinsamkeiten bei ihnen allen zu finden: in der *gleichartigen dynamischen Genese ihrer Inhalte*. Die *Formen* dieser psychischen Abläufe, ihre *Verknüpfungsweisen* und *Seinsweisen* bilden ihm überhaupt kein Problem; wo er sie notgedrungen, wie in seiner Traumtheorie, einmal berühren muß, ist er recht oberflächlich, z. B. den pseudohalluzinatorischen Charakter der Traumwahrnehmungen will er sich bilden lassen durch einen „Regreß auf die Wahrnehmungen", die doch auf fundamental andere Funktionsweisen zurückgehen. Daß „Wahn" Urteilscharakter hat, und daß daher nicht genetisch, wohl aber analytisch, *besondere* Funktionsformen ihm als gestört zugrunde liegen müssen, interessiert ihn garnicht; er will auf die Genese „des Wahns" los, ohne zu überlegen, warum gerade *Wahn*inhalte und nicht etwa überwertige Ideen oder gar Halluzinationen bei dieser Genese entstehen. Mehr noch: auch das Verhältnis von Symptom und Krankheit zu einander, das bei den verschiedenen Psychosen ein sehr wechselndes ist, bildet ihm kein Problem; man weiß bei ihm niemals deutlich: entsteht das Symptom (der Seinsweise nach), entsteht bloß sein Inhalt, oder entsteht die Krankheit selber durch seine genetischen Mechanismen. Und genau den gleichen Radikalismus und die gleiche Problemfernheit zeigt seine Schule bei der Erörterung der Genese von Mythus, Märchen, religiösem Symbol, künstlerischer Leistung; erst ganz neuerdings *(Furtmüller, Putnam, Silberer)* beginnt man langsam einzusehen, daß die *Entstehung* von religiösen oder weltanschaulichen Überzeugungen, von Intuitionen ästhetischer Art, von moralischen Regungen, und ihre *Fundierung* etwas wesensverschiedenes ist.

Man kann aber den schrankenlosen Erklärungsanspruch der Freudschen Lehre auf *die* Phänomene einengen, denen er, wäre er richtig, völlig zu genügen vermöchte, nämlich *auf die Genese der psychischen Inhalte, welche unabhängig von Wahrnehmung und Reflexion sich bilden*. Zur Lösung dieser Aufgabe hat *Freud*, wie schon unser Beispiel zeigte, eine Reihe von Annahmen machen müssen, die bisher in der Psychologie nicht üblich waren. Er hat die *dynamische Quelle* bestimmen müssen, welche die Vorschiebung von psychischen Inhalten ins Bewußtsein erzwingt. Er hat ferner die Hypothese machen müssen, daß diese Kraftquelle ihre

[1]) Nur aus Raummangel wurde von der Wiedergabe einer solchen Abstand genommen, denn zu kürzen sind sie, wegen ihrer Anschmiegung an die Individuen, an denen sie vollzogen werden, nicht, ohne daß sie an Plausibilität einbüßen.

Energien im Ganzen der Psyche *von Inhalt zu Inhalt verschieben* kann. Er hat weiterhin ein Prinzip bestimmen müssen, das diese „Energiebesetzung" der psychischen Inhalte regelt: die *Zensur*. Die Wege, in denen sich diese psychische Energie verschiebt, sind zugleich diejenigen, durch welche die einzelnen psychischen Inhalte miteinander verbunden sind: hieraus folgt die Hypostasierung einer bestimmten *Assoziationspsychologie*. Und endlich hat er die Annahme machen müssen, daß nur *die* Inhalte, welche mit jenen psychischen Energien behaftet sind, ins Bewußtsein gelangen könnten. Diejenigen, von denen die Energien durch das Zensurprinzip entfernt würden, werden eben dadurch vom Bewußtsein ausgeschlossen, verbleiben im *Unbewußten*. Im Unbewußten liegt auch jene dynamische Quelle, von der die Energien dauernd auf andere Inhalte abströmen und verschoben werden und die deshalb niemals selber *bewußtseinsfähig* wird. Hieraus ergibt sich diejenige Hypothese, die *Freud* als den Zug der *„psychischen Instanzen"* formuliert hat: aus dem Unbewußten, dem „eigentlich Psychischen", drängen alle Inhalte je nach ihrer affektiven oder Energiebesetzung ins Bewußtsein. Aber um dahin zu gelangen, müssen sie die Instanz des *Vorbewußtseins* passieren; und hier waltet die *Zensur*. Sie nimmt dem einen Teil der Inhalte die Energiebesetzung und verschiebt diese auf andere Inhalte. Diese werden dadurch bewußt; jene andern Inhalte aber bleiben *verdrängt* und *bewußtseinsunfähig*. Die energiebesetzten Inhalte, die bewußt werden, sind die *Symbole*, die für sie eintreten. Diese Symbole sind durch assoziative Verwandtschaft zu ihrer Vertretung *determiniert*. In *einem* Symbol *verdichten* sich oft mehrere verdrängte Inhalte. Und eine Rückassoziation muß hinter den bewußten, manifestgewordenen psychischen Inhalten, hinter diesen Symbolen, die verdrängten, determinierenden Inhalte auffinden lassen — müßte es wenigstens, wenn die Zensur sie nicht immer wieder ins Unbewußte zurückstieße, Widerstände einschaltete, neue Symbole produzierte, aus deren Gesamtheit man zuletzt den ätiologischen Kern erst durch mühsame *Deutung* herausschälen kann. Dieses Verfahren, das zu den verdrängten Inhalten des Unbewußten führt, diese Kombination am Assoziationsversuch, Überwindung von Widerständen und Deutung ist *Freuds* Methode: die *Psychoanalyse*.

Welches ist nun die dynamische Quelle, welche diese Mechanismen in Tätigkeit setzt und so alle jene psychischen Inhalte letztlich determiniert? *Freud* hat früher das *Prinzip der Unvereinbarkeit* bestimmter psychischer Erlebnisse mit allen anderen als Ursache dafür angesehen, daß eine solche Quelle sich bildete. *Peinigende Reminiszenzen*, besonders sexuelle Insulte der frühesten Kindheit, waren es, die ins Unbewußte verdrängt werden und deren unerschöpfliche Unlustenergie im späteren Leben von der Zensur jeweils auf andere symbolbildende Inhalte verschoben wurde und so zur Entladung im Bewußtsein kam. Zuweilen wurde sie auch — als Angst, oder in motorischen und psychisch-nervösen Störungen — ohne den Umweg über das Psychische unmittelbar entladen, *ins Körperliche konvertiert*. Später war es der *verdrängte Wunsch*, insbesondere der sexuelle, und zwar ebenfalls ein der frühesten Kindheit angehöriger, welcher seine symbolische Verwirklichung in diesen von ihm determinierten Inhalten erfuhr. Zuletzt schuf *Freud* als quasi uniforme Quelle den Begriff der *infantilen Sexualität* — ohne daran bestimmtere Wunsch- oder Verletzungcharaktere abzugrenzen —, aus der *alle* Energien für psychische Inhalte strömen; diese Sexualität, schrankenlos und polymorph, werde durch die psychische Ausbildung der werdenden Persönlichkeit selber mehr und mehr eingeschränkt, indem ihr Energien entzogen und in *sublimierter* Form für andere psychische Zwecke verwendet würden; sie wirke aber in allen diesen unzwecklichen psychischen Inhalten, die als Freudsche Phänomene gelten, symbolbildend weiter fort. Damit hier nun von den produzierten psychischen Phänomenen aus eine inhaltliche Relation zu dieser Sexualität möglich sei (denn sonst hätten sie ja keinen Symbolcharakter, und das Spezifische ihrer Genese fiele fort), mußte diese wenigstens einen, wenngleich noch so allgemeinen Inhalt erfahren; und sie erhielt ihn im sogenannten *Oedipus-Komplex*, wonach die erste Fixierung des schrankenlos polymorphen infantilen Triebes sich an die Eltern knüpft, die Mutter erotisch gewollt, der Vater negiert, „gehaßt" wird, und durch diese Objektfixierung der erste dauernde infantile Konflikt sich anbahnt und der ersten Verdrängung anheim fällt.

Es kann an dieser Stelle nicht gezeigt werden, wie die einzelnen Klassen der als Freudsche Phänomene bezeichneten Inhalte von hieraus derivieren; ihre Bildung ist ja gerade das individuell von Fall zu Fall Verschiedene. Eine Flut von Publikationen über diese Frage ventiliert oft die bizarrsten Möglichkeiten.

Wichtiger ist die Frage, was davon zu halten sei. Aber sie ist heute noch nicht eindeutig zu beantworten. In früheren Jahren hat sich ein guter Teil der Fachkritik darauf beschränkt, über den Radikalismus der Konsequenzen und den allerdings unerfreulichen Pansexualismus Witze zu machen oder Entrüstung zu äußern. Neuerdings ist man den Theoriebildungen zu Leibe gegangen *(Isserlin, Kronfeld)* und hat da allerdings recht wenig gefunden, was in seiner jetzigen Fassung einer kritischen Überprüfung standhält. Auch diese Art der Prüfung, so naheliegend sie ist, kann aber definitiv das Freudsche Problemkonvolut nicht klären. Die behaupteten psychischen Zusammenhänge können gewiß zu falschen psychologischen Theorien und Konstruktionen führen — und doch vorhanden und richtig sein. Man muß also, was die *Freudianer* auch heftig verlangen, die Tatsachen selber kritisch prüfen. „Tatsachen" heißt aber in diesem Fall Tatsachenzusammenhänge, und solche Zusammenhänge sind wiederum *keine* Tatsachen in dem Sinne einer sinnfälligen Gegebenheit, sondern nur reflexionell erschließbar. Was aber die Reflexion der *Freud*schule in bezug auf die Formulierung dieser Zusammenhänge geleistet hat, ist bei genauer psychologischer Kritik bisher nicht haltbar gewesen. Aber eben diese Feststellung beweist wieder nur etwas

gegen die Formulierung dieser Zusammenhänge, nichts gegen die Möglichkeit ihrer Existenz.

Somit muß man objektiv sagen: die Stellung der Psychologie zu diesem neuen, durch *Freud* inaugurierten Problembereich ist noch keine definitive. Man darf die theoretischen Behauptungen seiner Schule ablehnen, die Wissenschaftsreife solcher Theoriebildung überhaupt bezweifeln; aber man wird zugestehen müssen, daß *Freuds* Lehre damit in keiner Weise erledigt ist, sondern in ihrem Anspruch darauf, im Kreise individueller Erlebnisinhalte eine Reihe neuer Zusammenhänge aufgedeckt und (allerdings fehlerhaft) zu Gesetzen formuliert zu haben, bestehen bleibt; zwar nicht als wirkliche Naturtheorie der psychischen Dynamik, aber vielleicht als erster Keim, um in der Zukunft eine solche zu bilden.

Freilich wird das erste, was mit der vorliegenden Lehre zu geschehen hat, eine Fortsetzung der von *Isserlin, Kronfeld* und *Mittenzwey* begonnenen kritischen Aufräumarbeit sein, welche die brauchbaren Keime vom Wust phantastischer Behauptungen in Theorie und Praxis reinigt. Damit wird zugleich Platz geschaffen für die methodologische Vorarbeit an diesem Material, welche fragt, wieweit sich die Wissenschaft psychischer Zusammenhänge mit Evidenz zu bemächtigen vermag, ohne sie alsbald in die explizite Form reflexioneller Konstruktion pressen zu müssen *(Bergmann, Geiger, Jaspers)*. Und währenddem bilden die Arbeitshypothesen der psychiatrischen Praxis, wie sie *Bleulers* bedeutendes Werk über die Dementia praecox zur Erklärung der verschiedenartigsten psychotischen Zusammenhänge und Zustände nach Freudschen Gesichtspunkten aufstellte, eine zwar vorläufige, aber praktisch sehr bereichernde Erweiterung unseres Verständnisses kranker Menschen.

Zur Ätiologie und Geographie des endemischen Kretinismus[1]).

Von Dr. Erich Ebstein, Leipzig.

Es ist noch gar nicht so lange her, daß ausgesprochen wurde, „daß der Verlust der Schilddrüse die gemeinsame Ursache des Kretinismus, des spontanen Myxoedems und der Cachexia strumipriva" bildet. Diesen Ausspruch tat am 23. November 1883 *Felix Semon*, und zwar vor *Reverdin* und *Kocher*, wie *Semon* jüngst in seinen „Forschungen und Erfahrungen"[2]) dargetan hat. In diesen dreißig Jahren ist dieses ganze Gebiet ein Teil der Lehre von der sogenannten „inneren Sekretion" geworden, deren Bedeutung für das Kindesalter *E. Thomas*[3]) soeben in dem Handbuch von *Brüning* und *Schwalbe* einer eingehenden kritischen Würdigung unterworfen hat. Er hat dort den Schilddrüsenveränderungen beim endemischen Kretinismus auch ein ausführliches Kapitel gewidmet. *Thomas* betont dort, daß das *Problem des endemischen Kretinismus im Kindesalter und in seinen Anfängen liegt* und schlägt vor, daß, wenn auch wohl manche Schwierigkeiten zu überwinden wären, im Gebiete der Endemie liegende Stationen die Beobachtung der gesunden Kinder, die Feststellung der Anfänge, des Verlaufes und des Ausganges der vielleicht zunächst wenig charakteristisch sich manifestierenden Infektion oder Intoxikation übernehmen müßten.

Auf anderem Wege sind in letzter Zeit *Schittenhelm* und *Weichardt* dieser Frage näher getreten, als sie ihre ausgedehnten Untersuchungen über den endemischen Kropf mit besonderer Berücksichtigung des Vorkommens im Königreich Bayern ausführten. Sie betrachten auch als das einzig sichere Kennzeichen für die Kropffreiheit eines Ortes das Verschontbleiben der Kinder und fordern zum Schluß die Anlage eines Laboratoriums in einer kropffreien Gegend, und den Anschluß von zwei kleineren Außenstationen in zwei Kropfgegenden des verschiedensten Typus, die mit der Hauptarbeitsstätte in Verkehr stehen.

Wie vielseitig und anregend die Fragestellungen sind, die sich auf ein kleines Gebiet, wie auf Bayern, beziehen, zeigt zur Genüge *Schittenhelms* und *Weichardts* Buch, das besonders auf geographisch-medizinischem Gebiete Klarheit schafft. Eine Karte zeigt deutlich die Kropfhäufigkeit in Bayern nach den Angaben der Bezirksärzte und nach eigenen Untersuchungen, und zwar sind mit verschiedenen Farben hervorgehoben die „schwach", „mittelstark" und „stark" befallenen Gegenden. Außerdem sind die Orte, in denen der Kropf häufiger als im umgebenden Bezirk, und diejenigen Plätze, in denen der Kropf früher häufiger war, notiert. — Bei der Betrachtung dieser Karte fällt sofort auf, daß die höher gelegenen Teile (Alpen) durchweg stark befallen sind, und daß im allgemeinen eine allmähliche Abnahme nach der Ebene hin stattfindet. Auch nimmt im Donautal, von Regensburg abwärts, der endemische Kropf zu und erreicht seinen Höhepunkt in Passau und den unterhalb gelegenen Ortschaften. Ganz getrennt von diesen Bezirken ist noch um Rothenburg o. T. eine lokalisierte Kropfendemie zu konstatieren. Was die Abhängigkeit der Kropfhäufigkeit von geologischen Formationen anlangt, so haben *Schittenhelm* und *Weichardt* für Bayern die Überzeugung gewonnen, daß diese nicht das Primäre, Ausschlaggebende für die endemische Verbreitung des Kropfes sind, sondern die Infektion des Wassers. Diese kann allerdings durch gewisse Gesteinsarten begünstigt werden, die aber keinen starren Gesetzen gehorcht. Am meisten fördernd scheint das Gebirge auf die Entstehung des Kretinismus einzuwirken, und ein übertragbares Virus entspricht nach *Schittenhelm* und *Weichardt* den epidemiologischen Beobachtungen und den biologischen Befunden (Immunität, Tierkrankheiten) am meisten. — Zu allen Theorien und ätiologischen Gesichtspunkten haben die beiden Autoren in kritischer Weise Stellung genommen; und in der Be-

[1]) *Schittenhelm* und *Weichardt*, Der endemische Kropf mit bes. Berücksichtigung des Vorkommens im Königreich Bayern. Berlin 1912, Julius Springer. 9.— M.

[2]) 2 Bände. Verlag von A. Hirschwald. 1912.

[3]) Handbuch der allgem. Pathologie und patholog. Anatomie des Kindesalters II, 1 (1912). Bergmann (Wiesbaden).

kämpfungsfrage der Kropfendemie glauben sie an eine Sanierung der vielen Kropforte in Bayern, und sie versprechen sich von einer Erforschung und Bekämpfung, die auf breitester Grundlage nach Art der Typhusbekämpfung Platz greift, allmählich aber sicher zum Ziele führende Erfolge.

So stellt dieses Buch von *Schittenhelm* und *Weichardt* ein Werk dar, das für derartige Untersuchungen in der Folge als grundlegend gelten muß und die nötigen Fingerzeige und Anregungen zur weiteren Betätigung auf diesem Gebiet zu geben berufen ist.

Bleivergiftungsgefahr in Betrieben und Vorkehrungen dagegen [1]).

Von Professor Dr. L. Spiegel.

„Es gibt nur wenige Betriebe, die den Menschen mit Gegenständen für sein Leben versorgen, in denen nicht Gifte reichliche Benutzung finden." Dieser zweifellos richtige Satz, von *Lewin* vor einigen Jahren in einem Vortrage ausgesprochen, beleuchtet kurz und treffend die Gefahren, die allerorten, vielfach unerkannt, die gewerblichen Arbeiter umlauern. Denn es handelt sich nicht immer um grobsinnlich wahrnehmbare Schädlichkeiten, die sich alsbald geltend machen, in ihrer Wirkung genau bekannt sind und gegen die sich einigermaßen zu schützen man schon gelernt hat. Es kommen vielmehr auch solche in Betracht, von denen man bei ihren physikalischen Eigenschaften eine besondere Vergiftungsgefahr unter den Verhältnissen ihrer Behandlung nicht befürchten zu müssen glaubt. Die Umstände, unter denen Verdampfung oder Verstäubung an sich fester oder flüssiger Substanzen in kleinen Mengen stattfindet, sind oft ebensowenig bekannt wie die Schädigungen, die auch durch solche kleinen Mengen bei immer wiederholter Einführung in den Organismus hervorgerufen werden können. Mit einschlägigen Untersuchungen hat sich namentlich der Würzburger Professor der Hygiene *K. B. Lehmann* in sehr dankenswerter Weise beschäftigt, wobei aber im wesentlichen Laboratoriumsversuche in Betracht kamen. In unmittelbarer Anlehnung an die Praxis eines großen Betriebes, des Kabelwerkes der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft, und mit der Tendenz, diesen Betrieb in hygienischer Beziehung auf eine möglichst hohe Stufe zu heben, hat *L. Lewin* neuerdings verschiedene Betriebsgefahren und ihre Abwehr behandelt, so kürzlich die durch Verwendung der Salpetersäure bei der Metallbearbeitung entstehenden und in den vorliegenden Abhandlungen die Bleigefahr.

Vom Blei weiß man, daß selbst sehr kleine Mengen, wenn der Organismus ihnen dauernd ausgesetzt ist, die bedenklichen Erscheinungen des Saturnismus zu erzeugen vermögen. Bei der Verhüttung der Bleierze gelangen ganz erhebliche Mengen Blei oder Bleioxyd in die Luft. Hier ist die Gefahr bekannt und sind auch Schutzvorrichtungen vorgeschrieben. Wie aber steht es beim einfachen Schmelzen des Metalls und bei der Verarbeitung des geschmolzenen (Verbleiung, Pressen von Kabeln usw.)? Diese Frage ist hier vornehmlich geklärt worden. Beim Schmelzpunkte, über dessen Höhe die Angaben um 300° C. herum schwanken, findet eine Verflüchtigung des Metalles nicht statt, aber auch bei noch wesentlich höheren Temperaturen nicht. *Lewin* hat festgestellt, daß beim Absaugen der Luft, die über dem Spiegel von bei etwa 500° gehaltenem Blei stand, nicht die geringsten Spuren Blei in dieser Luft nachgewiesen werden konnten. In Versuchen mit kleineren Mengen, die in einem Tiegel erhitzt wurden, konnten an einer den Tiegel bedeckenden Porzellanschale erst nach Steigerung der Temperatur auf 850—900° winzige Mengen Blei nachgewiesen werden. Anders liegt es, wenn andere Bestandteile zugegen sind, die beim Erhitzen Gas- oder Dampfbildung bedingen und dann, wie ja von vornherein zu erwarten, kleine Mengen Blei mitreißen lassen. So konnte schon bei etwa 750 bis 800° ein bleihaltiger Beschlag erhalten werden, wenn nicht reines Blei, sondern solches mit 5 % Zink oder basisches Bleicarbonat erhitzt wurde. Ob dies unter solchen Bedingungen die Mindesttemperatur ist, ist leider aus der Abhandlung nicht zu ersehen. Jedenfalls könnte es aber nach diesen Feststellungen scheinen, als ob bei Bleischmelzöfen Schutzvorrichtungen überflüssig wären. Indessen weist *Lewin* mit Recht darauf hin, daß bei jeder Hantierung an derartigen Objekten, beim Eintauchen von zu verbleienden Gegenständen oder beim Ausschöpfen, Blei oder Bleioxyd am Kessel verstreut werden kann. Um dies zu verhindern, ist in dem erwähnten Kabelwerk jeder Schmelzkessel vollständig ummantelt. Der eigentliche, aus Gußeisen bestehende Kessel ist mit einem Schamottefutter außen so umkleidet, daß ein Hohlraum für die Heizgase bleibt, deren Verbrennungsprodukte durch Entlüftungsrohre ins Freie geführt werden. Im oberen Teil ist der ganze Ofen mit einer gut passenden Absaugehaube überdeckt, von der ein Entlüftungsrohr zu einem kräftigen Exhaustor und von da ins Freie führt. Die Haube hat eine Schiebetür, durch welche die zu verbleienden Gegenstände bzw. bei den Schmelzkesseln für Kabelpressen die Bleibarren eingeführt werden. Natürlich ist dann die Gefahr, daß das bei Berührung mit der Kesselwand abgeriebene Blei entgegen dem saugenden Luftstrome nach außen gelangt, äußerst gering. Immerhin wird eine mechanische Zuführung der Bleibarren die Schutzvorrichtung noch zu vervollkommnen haben. Bei der Weichheit des Metalles kann jede Handhabung mit den Barren zu einer Metallverstäubung führen.

Es will mir übrigens scheinen, daß Schmelzkessel mit flammenloser Gasfeuerung, wie deren einer auf S. 17 dieser Zeitschrift beschrieben ist, den Schutz vor Bleigefahr in noch vollkommenerer

[1]) *L. Lewin:* Die Bedingungen für die Bildung von Bleidampf in Betrieben. — Schutzvorrichtungen gegen die Aufnahme von Blei an Bleischmelzkesseln. Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankhtn. Bd. 73, S. 154 u. 161.

Weise als die bisherigen Konstruktionen gestatten würden. Die automatische Zufuhr und der Ablauf müßten natürlich auch hier zweckentsprechend geregelt werden.

Über die wichtigsten Ursachen von elektrischen Unfällen.

Von Professor Dr. H. Zangger, Zürich.

Die elektrischen Unfälle durch Starkstrom gehören der neuesten Zeit an. Sie bringen eine neue unheimliche Gefahr, die in den ganz ungefährlich aussehenden Drähten lauert. Es bestehen jedoch noch eine ganze Reihe anderer zu wenig allgemein bekannter Möglichkeiten der Gefährdung. Der elektrische Unfall hat auch an sich meist etwas äußerst Befremdendes gegenüber dem gewöhnlichen Unfall mit Körperverletzung: Kein Laut, meist kein Schreien, kein Blut, nur ein unheimliches Sausen, Zischen usw., und der Mensch fällt lautlos hin.

Die Tatsache, daß die Unfälle, bedingt durch elektrische Entladungen aus Stromleitungen, parallel der Ausdehnung der elektrischen Anlagen zunehmen, daß ihnen nicht nur damit beschäftigte Arbeiter und Monteure zum Opfer fallen, sondern ebenso viele Menschen, die mit Elektrizität gar nichts zu tun haben, und die nur der Zufall oder außergewöhnliche Arbeitssituationen mit der Elektrizität in unglücklichen Kontakt bringt, lenkt die Aufmerksamkeit immer wieder auf diese Gefahren.

Die Bedingungen, unter denen ein elektrischer Unfall, d. h. Stromdurchgang durch den menschlichen Körper erfolgt, sind bei den gewöhnlichen Spannungen, speziell bei Lichtleitungen, von ganz entscheidender Bedeutung für die Gesamtwirkung. Gerade diese, dem Laien wenig bekannten Bedingungen, die den Effekt modifizieren, sollen hier untersucht werden, um so mehr, als die Verlegung der Gefahr in die Drähte allein und die Vernachlässigung der Bedeutung der übrigen Einflüsse die Veranlassung zu zahlreichen Unglücksfällen bildet. Besonders beunruhigend sind eine Reihe von Unglücksfällen der letzten Zeit, die *Kinder* betreffen.

Zunächst fassen wir die allgemeinen physiologischen Voraussetzungen für schwere elektrische Unfälle kurz zusammen: Es muß eine elektrische Spannung (Volt) von bestimmter Höhe vorhanden sein, weil der Körper selber dem Stromdurchgang (hauptsächlich durch die obere Hautschicht) einen großen Widerstand entgegensetzt und weil ein tödlicher Effekt nur eintritt, wenn diejenigen Organe getroffen werden, deren Funktionseinstellung momentanen Tod zur Folge hat, wie das Gehirn, der oberste Teil des Rückenmarks und das Herz.

Die Empfindlichkeit gegen den elektrischen Strom ist bei den animalen Wesen sehr verschieden und wird beim Menschen am größten. Beim erwachsenen Menschen scheint es, daß in den meisten Fällen, sobald z. B. das Herz getroffen wird, eine bestimmte Menge Elektrizität den das Leben erhaltenden rhythmischen Herzschlag stören oder aufheben kann. Diese Menge Elektrizität ist ca. 0,05 Amp für den Querschnitt des ganzen Körpers. Daraus ergibt sich, daß, wenn der Körperwiderstand gerade nur 1000 Ohm beträgt und die Oberfläche gut durchfeuchtet ist, der elektrische Strom bei einer Spannung von 50 Volt an aufwärts schon gefährlich werden kann.

Warum passiert nun aber so wenig, trotzdem wir in unseren Häusern Lichtstromleitungen haben von 100 bis 250 Volt Spannung? An dem Umstand, daß wir einerseits, wenn wir einmal eine solche Leitung berühren, sie nur mit einer kleinen Hautoberfläche berühren und weil wir für gewöhnlich auf Stoffen stehen, die die Elektrizität schlecht weiter leiten. Der Strom kann nur dann durch den Menschen durchfließen, wenn er an einer Stelle hinein, an einer anderen Stelle hinausgelangen kann. Wir sehen also unmittelbar, daß es nicht nur auf diejenigen Verbindungen ankommt, die der menschliche Körper mit den geladenen Leitungen bekommt, sondern auch auf diejenigen mit der Erde oder anderen Leitungen. Je breiter die Verbindung der Haut mit den Leitungen ist, um so mehr Strom kann in den Körper *eintreten*, geradeso wie durch ein weiteres Rohr bei gleichem Druck mehr Flüssigkeit fließt.

Beim menschlichen Körper kommt noch besonders hinzu, daß die Haut die Elektrizität schwer durchläßt, daß aber im allgemeinen um so mehr Elektrizität eintritt, je *größer* die Hautoberfläche ist, auf welche die Elektrizitätsspannung wirkt. Dasselbe gilt für die *Austrittsstelle* aus dem Körper.

Beim Stehen und Gehen kommt die Fußsohle und die Fußbekleidung als Austrittsstelle in Betracht. Schon bei geringen Spannungen kann ein Unglück passieren, wenn man z. B. barfuß auf Metall steht, das eine metallene Fortsetzung bis in die Erde hat, wie z. B. Dachtraufen, Krane, Eisenbahnschienen usw., während die Gefahr kleiner wird, wenn man auf trockenem Holz, Gummi, Glas steht. Aber nicht der unmittelbar an dem Fuß liegende Gegenstand ist für den Elektrizitätsdurchgang endgültig ausschlaggebend, denn es kommt darauf an, was für Schichten der Strom noch weiter zu durchfließen hat, bis er in ein Gebiet kommt, in dem er sich leicht verteilen kann (wie feuchte Erde, Leitungen usw.). Auch hier läßt ein Vergleich mit einer Wasserleitung die Vorgänge für die Elektrizität verständlich machen. Wenn auch durch eine weite Leitung größere Mengen Wasser fließen könnten unter einem bestimmten Druck, wird die absolute Durchflußmenge stark reduziert, wenn sich in der Fortsetzung der Leitung enge Stellen befinden, bevor der Ausfluß erfolgen kann, also große Widerstände eingeschaltet sind. Solchen engen Stellen entsprechen für die elektrische Leitung Schichten von Glas, Kautschuk, trockenem Holz, Linoleum, kurz Schichten der sog. Isolation. Größere Mengen Elektrizität lassen dagegen durchtreten: feuchte Gegenstände und metallische Leitungen in die Erde. Es kommt also für den Gesamteffekt darauf an, wie groß die ganze Summe aller Widerstände zwischen dem menschlichen Körper und der stromgebenden Leitung und gleichzeitig zwischen dem menschlichen Körper

und der Erde ist, *weil die Elektrizitätsmenge, die durch den Körper durchgeht, um so kleiner ist, je größer die Summe aller Widerstände ist, durch welche die gleiche Elektrizitätsmenge passieren muß, die durch den menschlichen Körper geht.*

Gewöhnlich liegen nun die Verhältnisse z. B. für die Widerstände an den Füßen und an den Händen sehr ungleich, speziell in bezug auf die Möglichkeit, sie absichtlich zu beeinflussen, und deshalb sind die Vorstellungen über die Bedeutung dieser Widerstände wenig geklärt. Wir sind gewohnt, darauf achtzugeben, daß wir nicht mit den Händen oder mit dem Kopf an eine elektrische Leitung geraten — weil diese Vorsichtsmaßregel für das gewöhnliche Leben genügt; sie verwendet eben die Tatsache, daß die Luft einen sehr großen Widerstand bietet und daß wir solchen gefährlichen Berührungen meistens mit Leichtigkeit ausweichen können. Unter diesen Umständen brauchen wir auf den Kontakt mit den Füßen gar nicht besonders zu achten; wir haben ja im allgemeinen auch gar nicht die Möglichkeit, mit den Füßen immer auf isolierten Gegenständen zu stehen. In dem Moment, in dem eine zufällige Berührung, z. B. des Oberkörpers, mit einem elektrisch geladenen Leiter zustande kommt, kann aber die Beziehung der Füße zur Erde oder zu andern gut leitenden Substanzen für die Gesamtwirkung direkt entscheidend werden. So läßt sich bei allen Unglücksfällen, die sich bei Lichtleitungen ereigneten, nachweisen, daß der tödliche Effekt regelmäßig dann eintrat, wenn der betreffende Mensch auf feuchtem Boden, besonders auf salzhaltigem feuchtem Boden stand oder mit bloßen Füßen einen eisernen Kessel, eine Blitzleitung, eine metallene Wasserleitung, eine Dachtraufe oder dgl. berührte. Wenn geringe Spannungen tödlich wirken, finden wir regelmäßig außerordentliche Bedingungen der Ableitung durch den Körper in die Erde. Beispiele: Ein Dachdecker rutscht aus und berührt mit den bloßen Füßen ein Eisenblech oder die Dachtraufe und will sich an einer Lichtleitung halten; oder: es fällt ein Draht herunter, man steigt auf die eisernen Radiatoren der Zentralheizung, indem man sich mit einer Hand an diesem metallischen und mit der Erde verbundenen Gegenstand hält und mit der anderen Hand den Draht faßt, der zufällig eine Lichtleitung berührt. Dann geht der Strom durch die eine Hand, quer durch die Brust und durch die große berührende Handfläche in den eisernen Heizkörper und die Erde, und das Unglück ist geschehen. Der Grund liegt darin, daß die Berührungsflächen der Hände durch das Zugreifen und den Druck sehr groß sind, also dem Strom einen geringeren Widerstand bieten, so daß auch eine kleine Spannung relativ große Mengen Elektrizität durch den Körper durchzutreiben imstande ist. Analog sind die Verhältnisse in dem Fall, wo ein Arbeiter in einem mit Salzlösung gefüllten Kessel stand und beim Auswechseln einer elektrischen Lampe die hintere Messingfassung berührte.

Ganz gefährliche Situationen sind nun solche, in welchen ein großer Teil des Körpers von gutleitenden Flüssigkeiten umgeben ist, Bäder, Solbäder in Badewannen mit direkter Ableitung. Wenn unter diesen Umständen eine defekte Lichtleitungsschnur berührt wird, so sind die Widerstände für den Abfluß der Elektrizität so gering, daß stärkere Wirkungen schon bei ganz geringen Berührungsflächen zustande kommen.

Die Statistik ergibt in der Tat tödliche Unglücksfälle ganz besonders häufig in denjenigen Industrien, in welchen der Boden feucht ist und reich an löslichen salzartigen Substanzen. Überhaupt sind die Unglücksfälle, bei welchen eine Verminderung des Widerstandes das entscheidende Moment ist, viel häufiger, als diejenigen durch eine außergewöhnliche, stärkere Spannung in einem *Niederspannungsnetz* (wie den Lichtleitungen), die etwa dadurch zustande kommt, daß Drähte von höheren Spannungen auf Drähte niederer Spannungen fallen oder daß atmosphärische Elektrizität in Niederspannungen hinein gerät. Die atmosphärischen und Überspannungen ableitenden Einrichtungen (der Grobschutz und Feinschutz, die Sicherungen) sind heute so entwickelt, daß eine länger dauernde Überspannung zu den Seltenheiten gehört.

In ganz seltenen Fällen ist dagegen sogar ein Kontakt mit 5000 Volt vollständig unschädlich, wie z. B. wenn in den Bergen 2 bis 3 m gefrorener Schnee liegt: man kann dann eine Hochspannungsleitung, die Strom führt, gefahrlos berühren. In diesem Beispiel sehen wir in einem extremen Fall die große Bedeutung der Isolierung der Füße illustriert, denn gefrorenes reines Wasser und Schnee sind in solchen Dicken außerordentlich gute Isolatoren und schützen gegen Stromdurchgang.

Aus den gleichen Gründen ist allgemein eine Berührung mit einer Starkstromleitung im Ballon ungefährlich. Doch ist natürlich auch im Ballon eine Berührung von 2 Phasen eines Wechselstromes, Drehstrom oder von Drähten von zwei verschiedenen Netzen gefährlich.

Auch bei *Starkstrom* (von 500 und mehr Volt) spielt der Widerstand oder anders ausgedrückt, die Isolierung des Menschen gegen die Leitungen die entscheidende Rolle. Da die Isolierung an den Füßen nicht in so weiten Grenzen schwankt wie die Isolierung der Hände und des Oberkörpers gegenüber Leitern, so sind bei Starkstromunfällen in der Mehrzahl der Fälle die Umstände entscheidend, ob der Mensch mit einer Starkstromleitung in direkte Berührung kommt, also den Luftwiderstand ausschaltet, so daß die Funken überspringen können, weil der Gesamtwiderstand des Körpers und die Isolierung bis zum Boden im allgemeinen, d. h. in den gewöhnlichen Lebenssituationen, doch nicht so groß ist, daß nicht die erwähnte minimale Quantität Elektrizität durch den Körper durchfließen könnte, die eine Schädigung oder Tötung erzeugt. Allerdings muß man bei diesen allgemeinen Angaben immer in Betracht ziehen, daß der wesentliche Effekt bedingt wird durch die Art der getroffenen Organe (Herz, Gehirn) und daß sehr große Ströme den Körper passieren können, wenn diese Organe nicht getroffen werden (von Bein zu Bein, rechte Rückenabschnitte und rechtes

Bein, rechter Arm, rechte Achsel), ohne daß das Leben unmittelbar gefährdet wird.

Die *Unfälle durch Starkstrom*, wie ihn die Industrie, die Eisenbahnen, die Straßenbahnen usw. verwenden, erforderten von Anfang an spezielle auf der menschlichen Psychologie basierende Schutzmaßnahmen, weil gerade die durchschnittliche Isolierung resp. Widerstandsverhältnisse nicht zum Schutz der Menschen ausreichen. Man hat von Anfang an, hauptsächlich seit 1890 (erste Fernleitung), die Anforderungen an die Sicherheitseinrichtungen im allgemeinen so präzis gestellt, daß nur wenige neue Regulierungen notwendig wurden, ja, daß einige Anforderungen nicht ausführbar erschienen. Anderseits beweist die Tatsache, daß gerade in der Technik die Unfälle mit der Ausdehnung der Industrie ganz gleichmäßig zugenommen haben, daß ein wesentlicher Fortschritt in den Schutzmaßregeln auch nicht zu verzeichnen ist.

Zahlreiche *Unglücksfälle* ereignen sich, wenn provisorische Gerüste und Bauten gemacht werden, besonders beim Aufrichten von eisernen Masten, die dabei mit Leitungen in Berührung kommen. Feuerwehrleute können bei Löscharbeiten mit dem Wasserstrahl oder aber mit den metallenen Wendrohren mit Starkstromleitungen in Berührung kommen. Interessant und wichtig sind diejenigen Unglücksfälle, die auf Eisenbahnlinien mit elektrischer Traktion erfolgen. So ist es vorgekommen, daß Heizer der Dampflokomotiven solcher Linien mit ihren langen Heizinstrumenten eine Leitung treffen und dann meistens infolge der metallischen Leitung zu den Händen und zu den Füßen schwere Verletzungen davon tragen. Wo psychologische Umstände den inneren Grund dieser Verletzungen bilden, hätten sie sich bei genügender Kenntnis der Situation vermeiden lassen.

Diesen Fällen gegenüber stehen nun elektrische Unfälle, die auch von Kennern der ganzen Anlage nicht erwartet werden und die *etwas ganz besonders Unheimliches* haben, da sie auf prinzipielle Unzulänglichkeiten des Materials und der Anlage hinweisen, also tiefgreifende Forderungen und Mahnungen in sich schließen. Gegenüber den mechanischen Zufälligkeiten, wie Bruchgefahr von Drähten, hat man sich sukzessive immer mehr vorgesehen. Ebenso schützt man sich gegen atmosphärische Entladungen und Verteilung auf weite Distanzen, indem z. B. lange Leitungen, die in Reparatur sind, auf kurze Distanzen unterbrochen werden, in sog. Sektionen zerlegbar sind; gegen andere Umstände dagegen kann man sich nicht so leicht vorsehen.

Eine der erschreckendsten Gefahren liegt in der Instabilität und Veränderlichkeit der harzartigen Isoliermaterialien, da sie meist Kolloidsubstanzen sind, die sich in ihrer inneren Struktur verändern, und zwar viel schneller als alles andere Material, das zur Konstruktion verwendet wird. Es ist hauptsächlich beeinflußbar durch Temperaturwechsel, Lichteinwirkungen oder auch empfindlich gegen Wechselstrom und Gleichstrom. Die Erfahrungen zeigen, daß gerade die aus Harzen und anderen ähnlichen kolloiden Massen bestehenden Dielektrika, speziell bei Wechselströmen gleich im Anfang leicht versagen, währenddem der Gleichstrom erst sukzessive auf diese Isolatoren wirkt, zumal, wenn sie dauernd oder temporär mit Flüssigkeiten umgeben sind, so daß elektrolytische Zersetzungen durch den Gleichstrom entstehen können.

Der große Konsum dieser Isolationsmassen war die Veranlassung, daß eine ungeheure Zahl von Ersatzstoffen gesucht worden ist, so daß wir heute in den meisten Fällen nicht wissen, welche Mischung für eine bestimmte Isolation verwendet wurde. Auch liegen die Erfahrungen mit solchen bekannten Mischungen noch nicht sehr viele Jahre zurück.

Man vergißt so leicht, daß gerade dieses scheinbar tote Sicherungsmaterial zum fragilsten in der ganzen elektrischen Anlage gehört, eben weil es aus Mischungen meist organischer kolloider Substanzen besteht, die auf eine sehr große Zahl von Einwirkungen empfindlich sind. So sind die letzten Jahre geübte, vorsichtige Ingenieure zugrunde gegangen, weil sie sich auf Isolierungen durch diese Materialien verließen.

Man hat früher in Einzelfällen auch versucht, das gesamte Innere von Fabriken auf eine bestimmte Spannung zu laden und die ganze Fabrik zu isolieren gegenüber der Erde, so daß es unmöglich war, im Fabrikraum zwei leitende Gegenstände zu finden, zwischen denen ein Potentialgefälle bestand (natürlich Gleichstromanlage). Eine solche Anlage hatte über 12 Jahre keinen Unfall, man vertraute ihr, und plötzlich fällt ein Arbeiter tot hin. Der isolierende Boden hatte an dieser Stelle einen leitenden Inhalt und war bis auf diesen herunter abgenutzt.

Eine andere Art Gefahren, die nicht bestand, solange in einer Gegend *nur eine* elektrische Anlage vorhanden war, häufen sich in der letzten Zeit ganz besonders. Die elektrischen Anlagen verlangen von Anfang Sicherheit gegen Überspannungen. Zufällig auftretende Überspannungen wurden in die Erde durch die sog. *Erdungen* abgeleitet, indem gutleitende Platten oder Kupferdrähte in die Erde versenkt wurden, die mit Funkenstrecken mit den Hauptleitungen verbunden sind. Diese Erdungen mußten, wenn möglich in feuchtem Erdreich angebracht werden. Man hat sich gewöhnt, diese Erdungen mit allen möglichen, zufällig bei den Grabungen getroffenen Metallgegenständen zu verbinden, sehr häufig ohne jede Rücksicht, ob diese Metallgegenstände eine weite Fortsetzung haben und wohin sie reichen. Durch die große Zahl der Erdungen in den Städten kommt es nun vor, daß Erdungen ganz verschiedener Spannungen einander sehr nahe kommen, so daß nicht selten bei einem hochgespannten Netz Ströme in die Erde gehen und statt sich dort zu verteilen, aufsteigen und die Quelle schwerer Unglücksfälle werden. Da die Erde nicht überall so zusammengesetzt ist, daß sie große Mengen Elektrizität auf geringe Distanzen zu verteilen vermag, können in der Nähe von Erdungen gefährliche Stromabstürze selbst ohne direkte Berührung der Leitung zustande kommen. So wurden auch Tiere getötet, die mit den Vorderfüßen in die Nähe von Erdungen in schlecht leitendem Erdreich

kamen. Beim Betreten einer großen eisernen Brücke fielen alle Tiere hin, als sich eine gewöhnliche Lichtstromleitung daran erdete.

Eine eigenartige Form der Gefahr besteht darin, daß sich die Elektrizität, wenn auch sehr schlecht, im gewöhnlichen Wasser verteilt, so daß von solchen Erdungsplatten aus, die nicht selten in der Nähe von Bächen usw. vergraben sind, größere Ströme durch das Wasser gehen. Auf diese Gefahr, die badende Kinder treffen kann, machte uns ein sehr schwerer Unglücksfall, dem drei Knaben zum Opfer fielen, besonders aufmerksam.

Das große Interesse, welches die relativ häufigen *Verletzungen von Kindern* verdienen, führte dazu, besonders die Bedingungen dafür näher zu untersuchen.

In einzelnen wenigen Fällen sind Verletzungen der Kinder bekannt geworden infolge eines Kontaktes einer Starkstromleitung mit einer Drachenschnur, natürlich besonders einer durchnäßten, oder wenn längere Stücke aus dünnem Draht waren (also das Franklinsche Experiment).

Halbe Kenntnis der Gefahr schützt natürlich hier noch weniger wie anderwärts, indem man dann, um die Gefahr zu vermeiden, ganz falsche Mittel in Anwendung bringt. So hat sich ein Knabe verleiten lassen, um einen in elektrischen Drähten hängenden großen Vogel zu erlangen, eine Schere zu holen, um ihn abzuschneiden. Er bekam Strom, verbrannte sich die rechte Hand, speziell Zeigefinger und Daumen sehr stark und fiel bewußtlos vom Mast herunter.

Aber nicht nur falsche Vorstellungen verleiten die Kinder, sich den Gefahren des elektrischen Schlages auszusetzen, sondern es gibt gewissenlose Leute und vielleicht noch mehr solche, die aus Unkenntnis der Gefahr die Kinder auffordern, etwas Ungeschicktes zu tun, um die Kinder zu erschrecken, speziell halberwachsene Kinder.

Eine ungefährliche Art und Weise, sich elektrischen Wirkungen, speziell von Lichtströmen, auszusetzen, betreiben die Kinder, indem sie zwei Finger einer Hand in die Steckkontakte der Lichtleitungen stecken. Dieses Experiment ist ungefährlich, weil der Strom nicht den Körper passiert, sondern durch den einen Finger in den Körper hinein geht und ihn durch den anderen verläßt, so daß die inneren Organe nicht vom Strome getroffen werden. In dem Moment jedoch in welchem die Kinder die Finger beider Hände verwenden, ist die Situation ganz anders, denn dann passiert der Strom die Brust, indem er von einem Arm zum andern übergeht. Bei den gewöhnlichen Steckkontakten und trockener Haut ist im allgemeinen nur eine sehr wenig ausgedehnte und sehr schlecht leitende Kontaktfläche möglich. Auch wird z. B. durch Wechselstrom die Stellung im ersten Moment des Stromdurchganges verändert, die Finger zurückgezogen, weshalb ein weiterer Stromdurchgang ausgeschlossen ist. Es kann aber doch zu schwereren Störungen kommen, wenn die Kinder die Finger netzen oder Metallgegenstände verwenden und sie mit voller Hand anfassen können, so daß sie dann sehr gute Leitung haben von Handfläche zu Handfläche. Die Situation wird dann eine äußerst gefährliche, da der Strom eben gerade das Herz trifft. Zum Glück sind die Steckkontakte meistens in einer solchen Höhe angebracht, daß die Kinder nicht so leicht dazu kommen, und die Steckkontakte sind auch nicht herausfordernd, wenn die Kinder nicht auf diese Möglichkeit aufmerksam gemacht werden.

Ganz besonders will ich schließlich auf den oben erwähnten Unfall eingehen, in dem es nur ganz zufällige Umstände verhindert hatten, daß 20 bis 30 Kinder beim Baden durch eine elektrische Entladung tödlich verletzt wurden; die drei *betroffenen* Kinder von 6, 11 und 14 Jahren wurden sofort getötet.

Die Ursache dieser Todesfälle bildeten die früher behandelten Schutzeinrichtungen, die bei elektrischen Leitungen angebracht werden müssen, damit in ihnen keine wesentlich höheren Spannungen eintreten resp. sich halten können, als die Leitungen normalerweise führen sollen. Diese sog. Erdungen sind ein notwendiges Übel, die der Kraftproduktion gar nichts nützen und nur in seltenen Ausnahmefällen und dann auch nur für Sekunden in Funktion treten. Wenn sie in Funktion treten, werden sie häufig oder fast immer zum Teil zerstört. Aus diesem Grunde ist es verständlich, daß sie in möglichst billiger Ausführung und möglichst einfach gemacht werden und ferner, daß man Stellen und Verbindungen in der Erde aufsucht, die den Überschuß an Elektrizität möglichst schnell und ohne große Extraeinrichtungen in der Erde verteilen. Da diese Einrichtungen im allgemeinen direkt zur Erde geführt werden, ferner keine besonderen Beziehungen zur Außenwelt haben, wird die Erdung fast vollständig dem Ermessen des Installateurs überlassen, wenn sie keine offensichtliche Gefahr bietet, denn gut leitenden Boden und genügend Kontakt aufzusuchen, liegt im Interesse jeder Erdung, weil sie sonst vollständig wertlos bliebe.

Ich führe nun kurz den Unglücksfall selbst an, dem die drei Knaben zum Opfer fielen: In einem kleinen Bach von 2½ bis 3 m Breite und 50 bis 70 cm Wassertiefe, der mit sehr geringem Gefäll durch ein Dorf zieht, badet die Schuljugend der Gegend gewöhnlich im Sommer. An diesem Bach liegt ein kleines elektrisches Werk (früher Gleichstrom, seit einigen Jahren 3-Phasen-Wechselstrom, 3000 Volt und 30 bis 40 Kilowatt). Die Ufer des Baches sind durch alte, zum Teil verfallene Kalksteinmauern eingefaßt. Man kann über diese Steine ohne weiteres zum Bach heruntersteigen, dessen Spiegel ca. 1 bis 1,20 m unter dem oberen Rand der Böschung liegt. Gewöhnlich badeten am Nachmittag 10 bis 20 und mehr Kinder in diesem Wasserlauf in der Nähe des Turbinenhauses. Am 15. Juli 1912 badeten an dieser Stelle nur drei Knaben. Plötzlich bemerkten die in der Nähe arbeitenden Männer, daß die Knaben regungslos unterm Wasser blieben. Trotzdem kein Gewitter war, keine Blitze niedergingen, nahm man wegen der Nähe des Elektrizitätswerkes doch sofort an, daß es sich um ein durch Elektrizität bedingtes Unglück handeln müsse. Die Knaben waren ohne jeden Schrei getötet worden. Bei den Rettungsversuchen spürte der ins Wasser steigende Arbeiter ein Vibrieren und Elektrisieren

in den Beinen in dem Moment, in dem er mit dem einen Fuß ins Wasser kam und mit dem anderen noch auf der Erde stand. Wie er gegen die Mitte des Baches vorschritt, verlor sich dieses Gefühl; beim Anfassen der Leiche eines Knaben, der an dem entgegengesetzten Ufer lag, verspürte er eine so starke elektrische Wirkung, daß er Hände und Arme nicht gebrauchen konnte. Wie er aber näher an die Leiche des Knaben heran kam, und ihn wieder faßte, war die Wirkung geringer und hörte plötzlich auf (Ausschalten der Maschinen). Was für Vorgänge sind nun der Grund dieses merkwürdigen Ereignisses, das nach den Sensationen des die Leiche aus dem Wasser holenden Mannes ein längeres Nachspiel geringer Intensität gehabt hat? Dieses Nachelektrisieren (das allerdings erst nach Rekonstruktion des Vorganges mitgeteilt worden ist) gibt uns Anhaltspunkte zur Kontrolle der Vorstellungen über den Verlauf der elektrischen Kraftlinien in der Erde und im Wasser. Wie kam nun diese Elektrizität ins Wasser?

Voraussetzung eines elektrischen Unfalls ist, daß Elektrizität durch den Körper durchgeht, oder mit anderen Worten: daß ein Körperteil unter hoher Spannung steht und ein anderer Körperteil unter niederer oder entgegengesetzter Spannung. Es ist also notwendig, daß wir irgendwo eine Elektrizitätsquelle haben, und daß die Elektrizität durch das Wasser abfließt, daß also im Wasser selber verschiedene Potentiale auftreten. Aus Verbrennungsspuren in der Transformatorenstation und im Generatorenhaus war mit Sicherheit zu schließen, daß große Mengen Elektrizität durch die Erdungen in den Boden gegangen waren und zwar gerade in derjenigen Zeit, in welcher das Unglück erfolgte, das registrierten auch die Kontrollinstrumente in der Zentrale um diese Zeit. Die Erdleitung, durch welche Elektrizität in die Erde abgeflossen sein muß, durchsetzt die Mauer des Turbinenhauses, verläuft dann zum Teil auf den Kalksteinen der Böschungsmauer, dann an der Stelle, an welcher die Knaben in den Bach stiegen, in einem Rohr unter dem Wasser und ist dann unter dem Wasserspiegel etwa 4 m weit an Eisenpflöcken in den Kalksteinen befestigt. Dann wird sie an der unteren Seite einer alten steinernen Brücke auf die andere Seite geführt (weil andere Erdungen in der Nähe). In der Nähe der Brücke geht die Leitung senkrecht ins Wasser zu einer kupfernen Erdungsplatte, die etwa ½ m unter dem Bachbett vergraben ist. Von dieser Leitung aus muß Elektrizität ins Wasser gelangt sein.

Die Erdungseinrichtung soll erst in Funktion treten, wenn die Spannung in der Hauptleitung über 8000 Volt steigt; es muß also in einem Moment diese Spannung geherrscht haben, sie kann aber natürlich auch viel höher gewesen sein. Der Verlauf und der Abfall der Spannung der Elektrizität erfolgte naturgemäß nach den verschiedenen Richtungen, jedoch mehr in den Richtungen, in welchen der Widerstand klein war. Es ist auch als sicher anzunehmen, daß eine relativ große Menge Elektrizität durch das Wasser hindurch in die Erde abfloß, zumal der Kontakt mit dem Wasser durch die unter Wasser geführte Leitung *auf beiden Seiten des Baches und in großer Ausdehnung* vorhanden war. Da diese Erdleitung anderseits auf lange Strecke infolge des großen Widerstandes der Steine fast isoliert aufgehängt war, entstand zwischen ihr und dem Schmutz des Bachbettes ein starker Stromdurchgang und gleichzeitig Stromabfall, trotz des relativ großen Widerstandes des zwar stark kalkhaltigen Wassers; es erklärt sich also, warum die Knaben auch ohne in direkten Kontakt mit der Leitung zu kommen, doch in ein so großes Stromgefälle kamen, daß eine tödliche Menge Elektrizität durch ihre Körper den Weg suchte. Nach der Situation zweifelt niemand daran, daß der Grund des Unglückes in einer Entladung durch die Erdleitung ins Wasser zu suchen ist.

Ist nun die Konstruktion der Erdung fehlerhaft, konnte das Unglück vorausgesehen werden? Sicher ist in dem Fall, daß niemand an eine solche Möglichkeit dachte und daß die ganze Anlage, speziell auch diese Erdung, vom Starkstrominspektorat untersucht und genehmigt worden war. War die Chance überhaupt groß, daß ein solches Unglück passierte und sind solche Fälle bekannt? Was für prinzipielle Fragen werden durch diesen Fall wachgerufen?

Daß niemand an diese Möglichkeit dachte, ist absolut sicher, sonst wäre der Zugang von der Brücke abgeschlossen worden, oder man hätte eine Warnungstafel angebracht und die Kinder auf eine Stelle weiter entfernt vom Maschinenhaus verwiesen. Über die Verteilung der Elektrizität bei einem ev. Übergang hoher Spannungen durch diese Erdungen hatte man und hat man auch heute noch keine genaue Vorstellung, zumal man nach den allgemeinen Lehren anzunehmen berechtigt scheint, daß bei so großen Erdungsplatten der Strom auf sehr kurze Distanz in der feuchten Erde auf Null abfalle und nur unmerklich durch reines Wasser durchgehe. Es ist aber ohne weiteres einleuchtend, daß bei großen Spannungen und großen Elektrizitätsmengen eine so unglückliche Verteilung zustande kommen kann, wie in unserem Fall. Da man jedoch die Erdleitungen eigentlich nur für Gewitterwirkungen berechnet, wenn atmosphärische Elektrizität in die Hochspannungsleitung gerät, so ist die Gefahr des Stromdurchganges zeitlich außerordentlich beschränkt, also war die Wahrscheinlichkeit, daß die Erdleitungen im Moment ihrer Funktion b e r ü h r t wurden, außerordentlich gering, und das Unglück kam auch hier nur zustande, weil die Kinder durch den langen Akt des Badens längere Zeit gewissermaßen in einen Zweig der Leitung eingeschlossen waren.

Verwendungsarten für duktiles Wolfram[1]).

Von Dr. C. G. Fink, Newark, N. J.

Noch vor weniger als 10 Jahren betrachtete man ganz allgemein das Wolfram als ein sehr sprödes Metall. Seit

[1]) Diese Mitteilung wurde dem achten internationalen Kongreß für angewandte Chemie, New York, September 1912 vorgetragen.

der Einführung des duktilen Wolframs[1]) jedoch werden täglich große Mengen von gezogenem Draht, biegsam und stark, für die Fabrikation von Glühlampen hergestellt.

Wir haben die physikalischen und chemischen Eigenschaften dieses neuen Wolframs untersucht und sind dabei zu sehr interessanten Ergebnissen gekommen.

Das duktile Metall ist praktisch unlöslich in allen gewöhnlichen Säuren[2]), sein Schmelzpunkt liegt höher als der irgendeines anderen Metalles[3]), seine Zugfestigkeit übertrifft die von Eisen und Nickel; es ist nicht magnetisch und kann bis zu geringeren Stärken ausgezogen werden als irgendein anderes Metall, dabei ist sein spezifisches Gewicht um 70 % höher als das des Bleis.

Es war natürlich, daß ein Metall mit solch überraschenden Eigenschaften bald auch zu anderen Zwecken Verwendung finden müßte, als für Glühlampen.

Elektrische Kontakte.

Geschmiedetes Wolfram ist mit Erfolg an Stelle von Platin und Platin-Iridium als Kontakt in Funkeninduktoren, Spannungsregulatoren, Telegraphenrelais und zu anderen Zwecken[4]) verwendet worden. Die Lebensdauer übertrifft hierbei die der Kontakte aus Platin und Platin-Iridium bei weitem infolge der größeren Härte, des höheren Wärmeleitvermögens und des geringeren Dampfdruckes von Wolfram gegenüber dem des Platins.

Wolframöfen.

Es gibt zwei Typen dieser Öfen. Die neuerdings von *Wisne* und *Dantsizen*[5]) beschriebene Form besteht aus einem mit Wolfram oder Molybdän umwickelten Alundumrohr. Um Oxydation zu verhüten, ist das Rohr von einem luftdichten Kasten umgeben, der Einlaß und Auslaß für Wasserstoff besitzt. Dieser Ofen ist außerordentlich gut für Laboratoriumsversuche geeignet. Man kann darin stundenlang Temperaturen von 1600—1800° aufrechterhalten, während Platin bei diesen Temperaturen schnell zerstäuben würde.

Eine zweite Form des Wolframofens[6]) ist in ähnlicher Weise gebaut wie der Vakuumofen von *Arsem*. Ein Wolframmetallrohr nimmt den Platz des schraubenförmigen Kohlewiderstandes ein. Das Rohr ist von einem Schirm umgeben, und das Ganze befindet sich in einem luftdichten Behälter, fast genau wie bei der Arsemschen Konstruktion. Das Gehäuse ist entweder leer gepumpt, oder es wird mit einer geringen Menge Gas, wie Wasserstoff, beschickt. Dieser Ofen eignet sich ganz ausgezeichnet für die Untersuchung von Reaktionen bei sehr hohen Temperaturen, wie etwa bei der Herstellung künstlicher Edelsteine.

Wolframgaze.

Wir haben diese Gaze mit Erfolg benutzt, um feste Stoffe von sauren Flüssigkeiten zu trennen. Diese Versuche wurden im Laboratoriumsmaßstab ausgeführt, aber die Gaze kann auch wohl in der Technik Verwendung finden, z. B. für die Entfernung von Schlamm aus Kupferraffinationsbädern und für Centrifugen, ganz allgemein also, wo es sich um die Behandlung saurer Flüssigkeiten oder saurer Gase handelt.

Überdies kann sie in den Apparaten Anwendung finden, die *Cottrell*[1]) für die Entfernung von Schwefelsäurenebeln aus Gasen beschrieben hat. Die Elektroden von *Cottrell* bestehen aus drei konzentrischen Zylinderschirmen von Eisendraht, von denen der innere und der äußere als Entladungelektroden dienen, während der mittlere und das einschließende Gefäß von verbleitem Glas als Sammelelektroden wirken, von denen die niedergeschlagene Säure in eine darunter gestellte Bleipfanne tropft. Wolframgaze wird von Schwefelsäure nicht angegriffen und muß demnach eine längere Lebensdauer besitzen als Eisengaze.

Bearbeitete Wolframantikathoden für Röntgenröhren.

Diese Anwendung hat sich als eine der interessantesten erwiesen. Wolfram ist sehr gut geeignet für Antikathoden, und der Anwendungsbereich sowie die Wirksamkeit der Röntgenröhren werden dadurch sehr erhöht.

Wie *Coolidge* gezeigt hat, ist Wolfram infolge seines hohen spezifischen Gewichts sowie des hohen Schmelzpunktes, des großen Wärmeleitvermögens, und des geringen Dampfdruckes wegen eine wirksamere Antikathode als irgendein anderes Material.

Thermoelemente.

Wir untersuchten die thermoelektrischen Eigenschaften des Paares Wolfram-Molybdän. Die elektromotorische Kraft nimmt mit der Temperatur bis etwa 540° zu, verringert sich dann und geht durch 0 Millivolt bei etwa 1300°. Dies Element hat sich als sehr zweckmäßig zur Messung hoher Temperaturen im Wolfram-Wasserstoff-Ofen erwiesen.

Normalgewichte.

Ein für Normalgewichte geeignetes Material muß vorzugsweise hart, aber plastisch sein; es darf nicht leicht zerkratzt oder sonstwie verletzt werden, darf andererseits aber auch nicht so hart sein, daß es zerbrechlich ist; überdies muß es den Einwirkungen der Atmosphäre widerstehen, und schließlich darf es nur einen geringen Raum einnehmen. Nun kann bearbeitetes Wolfram so hart gemacht werden, daß es leicht Glas ritzt und doch noch duktil ist; überdies ist die Dichte hoch (19,3 bis 21,4), und es wird von der Atmosphäre nicht beeinflußt. Wolframgewichte bleiben wundervoll konstant.

Wolframzellen.

Wir haben die Untersuchung des elektrochemischen Verhaltens von Wolfram aufgenommen und eine Reihe von Elementen und Kombinationen hergestellt. Alle Messungen wurden ausgeführt bei 25° und mit der Calomelelektrode als Normalen verglichen. Unsere Messungen für das Element: Wolfram-Natriumhydroxydlösung-Kaliumchloridlösung-Calomel-Quecksilber sind: 5 N-NaOH, 0,68; 2 N, 0,62; N, 0,57; 0,2 N, 0,525; 0,1 N, 0,50; 0,05 N, 0,48; 0,025 N, 0,455; 0,0062 N, 0,445; 0,0031 N, 0,380; und 0,00 N, 0,06 Volt. Bei dem letzten Element tauchte der Wolframstab in destilliertes Wasser ein.

Durch Zusatz geringer Mengen von Verunreinigungen zum Wolframmetall kann man bewirken, daß die Wolfram-Natriumhydroxyd-Elektrode elektromotorische Kräfte annimmt, die sich denen von Zink in Zinksulfat nähern.

Die Werte für das Potential von Wolfram in Kaliumhydroxyd sind denen in Natriumhydroxyd ähnlich. Die

---

[1]) *C. G. Fink*, Trans. Am. Electrochem. Soc. *17*, 229; *W. D. Coolidge*, Trans. Am. Elec. Inst. Eng. *29*, 961.

[2]) *W. E. Ruder*, Journ. Amer. Chem. Soc. 1912, 387.

[3]) *J. Langmuir*, Trans. Amer. Electrochem. Soc. *20*, 237.

[4]) *W. D. Coolidge*, Trans. Am. Inst. Elec. Eng. *31*; 870; Journ. Ind. Eng. Chem. *4*, 2.

[5]) Trans. Amer. Electrochem. Soc. *20*, 287.

[6]) U. S. Pat. 1 006 620.

[1]) Journ. Ind. Eng. Chem. *3*, 542.

elektromotorische Kraft der Zelle $Hg\text{-}Hg_2W_3O_{11}\text{-}Na_2WO_4$ (fest)-Na_2WO_4(gesättigte Lösung)-Na_2WO_4(fest)-W wurde zu 0,505 Volt gefunden, und diese Kombination scheint eine gute Normalzelle zu versprechen.

Verschiedenartige Anwendungen.

Abgesehen von den hier erwähnten Verwendungsmöglichkeiten für Wolfram sind viele andere nur z. T. durchgearbeitet worden, und wieder andre nur in Vorschlag gebracht worden.

Wegen ihrer chemischen Beständigkeit sind die feinsten Drähte bis zu einem Durchmesser von 0,005 mm gut geeignet für Galvanometeraufhängungen und für das Fadenkreuz in Teleskopen. Es ist auch vorgeschlagen worden, diese feinen Drähte für chirurgische Operationen anstatt der gröberen Gold- und Silberdrähte zu verwenden. Ein weiterer Vorschlag betrifft die Anwendung des Drahtes in Musikinstrumenten. Zugfestigkeit und Elastizität von Wolfram sind außergewöhnlich groß (s. die untenstehende Tabelle).

Es könnte mit Vorteil in den Klimaten verwendet werden, wo Stahl leicht zerstört wird.

Wir sind damit beschäftigt, die Bildung von Cyanwasserstoffgas durch Überleiten von Stickstoff und Acetylen oder Methan über erhitzten Wolframdraht zu untersuchen[1]).

Die Bildungswärme von HCN ist:

$$C_2H_2 + N_2 = 2\ HCN - 9400\ cal^2).$$

Wir stellen säurefeste Schalen und Rohre aus Wolfram her. Überdies empfiehlt sich Wolframdraht als Widerstandseinheit, da sie leicht vollkommen rein hergestellt werden kann, sich leicht vervielfältigen läßt und nicht korrodiert wird.

Da Wolfram nicht magnetisch aber elastisch ist, so hat man es in Elektrizitätsmessern anzuwenden versucht zum Ersatz der Federn aus Phosphorbronze.

In ähnlicher Weise könnten Uhrfedern daraus gemacht werden, die nicht magnetisch werden können. Schließlich möchten wir noch erwähnen: Wolframfederspitzen, Wolframdüsen (für die Drahtzieherei), Wolframmesserklingen, mit Wolfram verstärkte Vorhänge und feuersichere Decken aus Asbest usw.

Tabelle der physikalischen und chemischen Eigenschaften von duktilem Wolfram.

Dichte: 19,3 bis 21,4.
Zugfestigkeit: 322 bis 427 kg/qmm.
Youngs Elastizitätsmodul: 42 000 kg/qmm (Stahl hat 20 000). Wolfram ist also zweimal so elastisch wie Stahl.
Schmelzpunkt: 3177° *(Langmuir)*. 3100° ± 60° *(von Pirani und Meyer)*.
Siedepunkt: 3700° (?).
Wärmeleitvermögen: 0,35 g-cal/cm/sec/1° (Platin hat 0,166). Berechneter Wert s. Fußnote 2.
Ausdehnungskoeffizient: $4{,}3 \cdot 10^{-6}$ (Pt: $8{,}8 \cdot 10^{-6}$).
Spez. Wärme: 0,0358 *(Weiß)*.
Widerstand bei 25°; hart: 6,2 Mikrohm/ccm; angelassen: 5,0 Mikrohm/ccm.
Temperaturkoeffizient des Widerstandes: 0,0051 (0°—170°).
Härte: 4,5 bis 8,0 der Skala von *Mohs*.
Unlöslich in HCl, H_2SO_4, HNO_3, HF, NaOH, KOH (gelöst), $K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4$ (s. Fußnote 2); löslich in Gemischen von HF und HNO_3, sowie in geschmolzenen Nitraten, Nitriten und Peroxyden.

Der Siedepunkt des Metalls ist noch nicht bestimmt worden.

Der Youngsche Elastizitätsmodul wurde bestimmt mit einem Draht von 0,00648 cm Durchm. und 748,86 cm Länge. Das kleinste Gewicht (P) war 250 und das größte 1125 g. Die elastische Verlängerung betrug 0,35 cm für das kleinste und 1,65 cm für das größte Gewicht. Der Mittelwert bei 5 verschiedenen Gewichten war 42 200.

Die Härtewerte wurden bestimmt mit dem Skleroskop und die gefundenen Werte in die Mohsskala umgerechnet.

General Electric Co., Newark, N. J.
(Übersetzt von *J. Koppel, Berlin.*)

[1]) Vgl. *Berthelot* und *Lipinski*, ZS. Elektrochem. *17*, 287.
[2]) *v. Wartenberg*, ZS. anorg. Chem. *52*, 299.

Die elektrische Leitfähigkeit der Legierungen.

Von Privatdozent Dr. Werner Mecklenburg, Clausthal i. H.

Die Metallographie hat gezeigt, daß alle Metalllegierungen ein heterogenes Gemenge je nach den Umständen gleichartiger oder verschiedenartiger Kristalle darstellen, und daß die Eigenschaften der Legierungen durch die chemische und physikalische Natur der in ihnen enthaltenen Kristallarten wesentlich bestimmt werden. In einem im Gleichgewichte befindlichen binären, d. h. aus zwei elementaren Metallen bestehenden Legierungssystem können im allgemeinen gleichzeitig nicht mehr als zwei verschiedene Kristallarten vorhanden sein: entweder 1. Kristalle der beiden elementaren Metalle oder 2. Kristalle eines von ihnen und gleichzeitig diejenigen einer Verbindung oder 3. Kristalle von zwei verschiedenen Verbindungen. Die Kristallarten selbst können von konstanter oder von variabeler Zusammensetzung sein. Fügen wir z. B. zu einem reinen elementaren Metall A eine kleine Menge eines zweiten reinen elementaren Metalles B, das mit A keine chemische Verbindung zu bilden imstande ist, so finden wir bei der mikroskopischen Untersuchung der durch Einschmelzen des Gemisches entstandenen Legierung neben der ursprünglichen Kristallart entweder eine neue, aus reinem B bestehende Kristallart oder Mischkristalle, die dadurch entstanden sind, daß die Kristalle von A das zugesetzte B in homogener Lösung in sich aufgenommen haben. Erhöhen wir die relative Menge von B mehr und mehr, so wird im ersten Falle die Menge der Kristalle von B immer mehr wachsen; im zweiten Falle werden, falls die Fähigkeit der A-Kristalle zur Aufnahme von B-Kristallen in homogener fester Lösung *begrenzt* ist, jenseits dieser Grenze B-Kristalle auftreten, falls sie aber *unbegrenzt* ist, wird eine zweite Kristallart auch bei den größten relativen Mengen von B *nicht* entstehen. Prinzipiell die gleichen Beobachtungen werden wir machen, wenn die beiden Metalle A und B eine oder mehrere Verbindungen miteinander zu bilden vermögen, denn auch eine Verbindung bildet sowohl mit den freien Elementen, aus denen sie besteht, als auch mit einer zweiten, stöchiometrisch anders zusammengesetzten Verbindung derselben Elemente *oft* Mischkristalle.

ohne daß indessen die Mischkristallbildung *immer* eintreten müßte. In einer binären Legierung kann also eine Veränderung der Zusammensetzung der Legierung entweder eine Veränderung in der Zusammensetzung der einzelnen Kristallindividuen bewirken — das ist der Fall bei Mischkristallbildung — oder nur eine Veränderung der relativen Menge der einzelnen Kristalle zur Folge haben.

Die Eigenschaften einer Legierung werden natürlich sowohl von der Zusammensetzung als auch von der relativen Menge der einzelnen Kristallarten bestimmt. Die Gesetze, die den Einfluß dieser beiden Faktoren regeln, werden im allgemeinen auch bei derselben Eigenschaft ganz verschieden sein; es scheint eine *Regel* zu existieren, nach der sich die Eigenschaften der aus *zwei verschiedenen Kristallarten* bestehenden Legierungen annähernd *additiv* aus den Eigenschaften der einzelnen Kristallarten zusammensetzen, hingegen bei *Mischkristallbildung* als eine kompliziertere Erscheinung erweist. Die Deutung dieser Tatsachen mit Hilfe der Ergebnisse der Metallographie wurde zuerst an allerdings wohl nicht ausreichendem Versuchsmaterial von *Le Chatelier* versucht und dann mit vollem Erfolge von *Guertler* durchgeführt. Das Resultat der Vergleichung von metallographisch ermittelter Konstitution und elektrischer Leitfähigkeit der Legierungen läßt sich dahin zusammenfassen, daß die erste Gruppe von *Matthießen* die binären Legierungen, die aus den Einzelkristallen der beiden reinen Elemente bestehen, und die zweite Gruppe die Legierungen mit unbeschränkter Mischkristallbildung umfaßt, während in die dritte Gruppe, die stets als eine Kombination der beiden ersten Gruppen aufgefaßt werden kann, die Legierungen mit chemischen Verbindungen zwischen den einzelnen elementaren Metallen oder mit beschränkter Mischbarkeit der Komponenten einzuordnen sind.

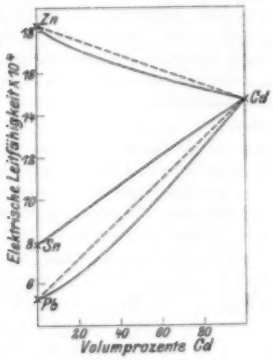

Fig. 1. Die elektrische Leitfähigkeit der binären Legierungen des Cadmiums mit Blei, Zinn und Zink. Nach *Guertler*.

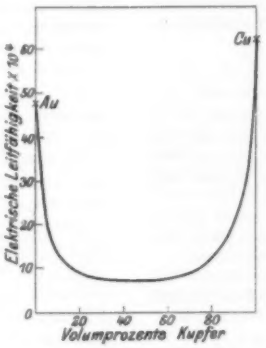

Fig. 2. Die elektrische Leitfähigkeit der Legierungen des Goldes mit dem Kupfer. Nach *Guertler*.

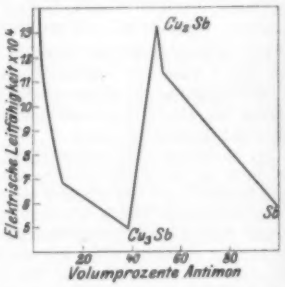

Fig. 3. Die elektrische Leitfähigkeit der Legierungen des Kupfers mit dem Antimon. Nach *Schenck*.

häufig sehr starke *Abweichungen* von dieser einfachen Beziehung auftreten. Näher studiert worden ist in dieser Hinsicht besonders die Härte der Legierungen und vor allen Dingen ihre elektrische Leitfähigkeit.

Die ersten systematischen Untersuchungen über die elektrische Leitfähigkeit der Legierungen, der übrigens nach dem Gesetz von *Wiedemann* und *Franz* die Leitfähigkeit für die Wärme vollkommen parallel geht, sind bereits lange vor Entwicklung der Metallographie und damit vor der Zeit, die der Wissenschaft einen Einblick in den inneren Aufbau, in das Gefüge der Legierungen ermöglicht hat, von *Matthießen* ausgeführt worden. *Matthießen* stellte fest, daß unter den Legierungen in bezug auf ihre elektrische Leitfähigkeit drei Gruppen zu unterscheiden sind: erstens die Legierungen, deren elektrische Leitfähigkeit sich annähernd additiv aus der Leitfähigkeit der elementaren Metalle berechnen läßt, zweitens die Legierungen, deren elektrische Leitfähigkeit wesentlich geringer als die nach der Mischungsregel berechnete Leitfähigkeit ist, und drittens die Legierungen, deren Leitfähigkeit sich

Einige Beispiele mögen das Gesagte näher erläutern:

Die binären Legierungen des Cadmiums mit Blei, Zinn und Zink bestehen in allen Mengenverhältnissen aus einem Konglomerat reiner Cadmium- mit reinen Blei-, Zinn- oder Zinkkristallen: Die elektrische Leitfähigkeit dieser Legierungen ist eine annähernd lineare Funktion ihrer Zusammensetzung (vgl. Fig. 1).

Gold und Kupfer bilden eine ununterbrochene Reihe von Mischkristallen, und dementsprechend ist die tatsächlich beobachtete elektrische Leitfähigkeit weit von dem theoretisch berechneten Mittelwert entfernt. Wie die Fig. 2 zeigt, hat schon ein verhältnismäßig kleiner Zusatz von Gold zum reinen Kupfer oder von Kupfer zum reinen Gold eine starke Abnahme der Leitfähigkeit zur Folge. Die Kurve mit dem steilen Absturz und dem flachen Minimum ist für die elektrische Leitfähigkeit von Legierungen mit Mischkristallen durchaus charakteristisch.

Binäre Systeme endlich, die je nach den Mengenverhältnissen aus einer oder aus zwei Kri-

stallarten bestehen, zeigen im Gebiete der Mischkristalle den für diese charakteristischen Verlauf der Leitfähigkeitskurve, die in dem Augenblick, wo neben dem gesättigten Mischkristall eine zweite Kristallart auftritt, mit einem Knick, also diskontinuierlich, in eine fast gerade Linie übergeht. Als Beispiel dient die aus den beiden elementaren Metallen Kupfer und Antimon gebildete Legierungsreihe (vgl. Fig. 3). Das Kupfer nimmt zunächst unter Mischkristallbildung Antimon auf, und infolgedessen sinkt seine Leitfähigkeit rapide: von dem gesättigten Mischkristall, der etwa 12 Gewichtsprozente Antimon enthält, sinkt die Leitfähigkeit in gerader Linie bis zu der Verbindung Cu_3Sb und steigt dann, ebenfalls in gerader Linie, bis zu der Leitfähigkeit der Verbindung Cu_2Sb an. Nun folgen Mischkristalle, indem die Verbindung Cu_2Sb elementares Antimon in fester Lösung aufnimmt; aber die Aufnahmefähigkeit der Verbindung für das elementare Metall ist nur gering, bald tritt Sättigung ein, neben dem gesättigten Mischkristall erscheinen Antimonkristalle, und darum geht die Leitfähigkeit nun wieder in gerader Linie von der des gesättigten Mischkristalls auf die Leitfähigkeit des reinen, zur Bildung von Mischkristallen mit der Verbindung Cu_2Sb nicht befähigten Antimons zu.

Die kleinen Abweichungen vom berechneten Mittelwert der Leitfähigkeit, die bei den aus einem mechanischen Konglomerat zweier Kristallarten bestehenden Legierungen auftreten, lassen sich nach *Lord Rayleigh* und nach *Liebenow* durch Übergangswiderstände zwischen den einzelnen Kristallen, insbesondere durch *Peltier*effekte, erklären. Die starke Abnahme der Leitfähigkeit bei Mischkristallbildung hingegen sucht *Schenck* durch eine starke Erhöhung der Reibung zu deuten, die die den Transport der Elektrizität durch die Metallmasse besorgenden Elektronen in Mischkristallen erleiden sollen.

Der Leitfähigkeit der Legierungen geht, wie schon *Matthießen* gefunden hat, der Temperaturkoeffizient der Leitfähigkeit vollkommen parallel. Bezeichnet man die wirklich beobachtete Leitfähigkeit einer Legierung mit l, ihren wirklich beobachteten Temperaturkoeffizienten mit k, die nach der Mischungsregel berechnete Leitfähigkeit mit l_m und ihren nach derselben Regel berechneten Temperaturkoeffizienten mit k_m, so gilt nach *Matthießen* das Gesetz

$$\frac{l}{l_m} = \frac{k}{k_m}.$$

Nun ist — eine Erfahrungstatsache, deren Deutung durch die Elektronentheorie auch möglich ist — für alle elementaren Metalle der Temperaturkoeffizient der Leitfähigkeit gleich 29 ± 2, d. h. nennen wir die Leitfähigkeit eines Metalles bei 0^0 l_0 und bei 100^0 l_{100}, so ist

$$\frac{l_0 - l_{100}}{l_0} = 29 \pm 2.$$

Ebenso wie für die reinen Metalle muß natürlich auch für alle ihre Legierungen der nach der Mischungsregel berechnete Temperaturkoeffizient der Leitfähigkeit, also der Wert k_m gleich 29 ± 2 sein, d. h. es ergibt sich die einfache Beziehung

$$\frac{l_m}{l} \cdot k = 29 \pm 2.$$

Das Gesetz von *Matthießen* gilt ohne Ausnahme für alle Legierungen, mögen sie nun ein Konglomerat einzelner Bestandteile sein oder aus Mischkristallen bestehen. Trägt man daher für eine Legierungsreihe ähnlich wie die Leitfähigkeit selbst ihren Temperaturkoeffizienten als Funktion der Zusammensetzung der Legierung in ein Koordinatensystem ein, so erhält man den Leitfähigkeitskurven vollkommen entsprechende Kurven. *Von Interesse ist insbesondere* der Fall, daß in der Gleichung

$$k = (29 \pm 2)\,\frac{l}{l_m}$$

l infolge von Mischkristallbildung sehr klein wird, denn dann wird ja auch k sehr klein, d. h. man erhält Legierungen, deren an sich geringe elektrische Leitfähigkeit von der Temperatur innerhalb nicht zu weiter Temperaturgrenzen praktisch unabhängig ist, also als Material zur Herstellung von Rheostaten und Normalwiderständen geeignete Legierungen.

Die Leitfähigkeit der in den Legierungen auftretenden chemischen Verbindungen kann sehr verschiedene Werte haben; eine Möglichkeit, sie aus der Leitfähigkeit der reinen elementaren Metalle zu berechnen, hat sich bis jetzt nicht gefunden, nur eine Erfahrung scheint allgemeingültig zu sein: Die Leitfähigkeit einer intermetallischen Verbindung ist stets kleiner als ihre aus ihrer stöchiometrischen Zusammensetzung nach der Mischungsregel berechnete Leitfähigkeit. Als Beispiel und Beleg für das Gesagte diene die folgende, einer zusammenfassenden Darstellung von *W. Guertler* entnommene Tabelle:

Zusammensetzung der Verbindung	Leitfähigkeit gemessen	Leitfähigkeit nach der Mischungsregel berechnet
Au Sn	$9 \cdot 10^{-4}$	$28 \cdot 10^{-4}$
Au Sn_2	3	20
Au Sn_4	4	15
Cu Sn	7,5	35
Cu_3Sn	9	48,5
Cu_4Sn	3	51
Cu_3Sb	5	48
Cu_2Sb	12	43
Cu Zn	32	42

Die angegebene Regel über die Leitfähigkeit von Legierungen hat darum eine erhebliche Wichtigkeit, weil es nach ihr als ausgeschlossen angesehen werden muß, daß einst eine Legierung gefunden werden könnte, deren Leitfähigkeit größer wäre als die der elementaren Metalle, aus denen sie besteht. Kupfer und Silber sind also nicht nur zurzeit unter den bekannten elementaren Metallen die bestleitenden, sondern werden es auch in Zukunft bleiben.

Der durch Mischkristallbildung bewirkte starke Abfall der elektrischen Leitfähigkeit der Legie-

rungen macht die Messung der Leitfähigkeit zu einer besonders empfindlichen Methode zum Nachweise von Mischkristallen, und in der Tat ist es mit Hilfe der Leitfähigkeit gelungen, das Auftreten von Mischkristallen auch in solchen Legierungen, in denen sie nach den bisherigen Verfahren nicht nachgewiesen werden konnten, festzustellen. Es ist daher zu erwarten, daß in Zukunft die Leitfähigkeitsmessung in weiterem Umfange als bisher zur Ermittlung der Konstitution der Legierungen herangezogen werden wird, und zwar um so mehr, als die recht erheblichen Schwierigkeiten, die sich bisher infolge der Brüchigkeit der meisten Legierungen der praktischen Durchführung der Methode entgegenstellten, durch neuere Arbeiten von *Guertler* und von *Stepanow* im wesentlichen überwunden zu sein scheinen.

Über die Förderung unserer Kenntnis vom Bau des Atoms durch die Erforschung der positiven Strahlen.

Von Privatdozent Dr. J. Baerwald, Darmstadt.

(Schluß.)

Die Lichtemission der Kanalstrahlen.

21. Die zweite Gruppe der Arbeiten über positive Strahlen beschäftigt sich mit ihrer Lichtemission. Wie die erste Gruppe behandelt auch sie zwei Aufgaben, die eine beschäftigt sich mit spektralanalytischen Fragen, die andere mit dem *Wesen* und dem *Ursprung* des Leuchtens. Der leuchtende Streifen, den die Kanalstrahlen durch den Gasraum ziehen, hatte überhaupt zu ihrer Entdeckung geführt. Bestand aber der Kanalstrahl aus geschleuderten, leuchtenden materiellen Teilchen, deren Geschwindigkeit gegenüber der des Lichtes durchaus nicht als sehr klein anzusehen war, dann mußte nach dem Dopplerschen Prinzipe beim Visieren *entgegen* der Richtung der Strahlen die einzelne Linie nach *Violett*, beim Visieren *in* der Richtung der Strahlen nach *Rot* verschoben erscheinen. Diese Ueberlegung brachte *J. Stark*[1]) dazu, an den vom Kanalstrahl emittierten Spektrallinien nach dem *Doppler*effekt zu suchen. Die Erwartung bestätigte sich, aber *nicht alle* Linien des Spektrums zeigten den Effekt, sondern nur diejenigen, die man als Linien*serien* zusammenfassen gewohnt war. Zweitens bestand der *Doppler*effekt nicht aus der einzelnen Linie in verschobener Stellung, sondern im allgemeinen aus zwei Linien, deren eine die normale Lage hatte, während die andere, verschobene, durch ihre Unschärfe auffiel. Bei den leichteren Stoffen, z. B. beim Wasserstoff, war zwischen beiden Linien ein Intensitätsminimum, bei den schwereren, wie Quecksilber, zeigte sich der *Doppler*effekt mehr als Asymmetrie der unverschobenen Linien.

22. Zur Zeit der Entdeckung des *Doppler*effektes waren diese Erscheinungen nur zum Teil erklärlich. Die Kanalstrahlen galten noch als wesentlich positive Strahlen, und *Stark* sprach demgemäß die Fähigkeit, Serienlinien zu emittieren, nur den positiv geladenen Atomen zu. Die Entdeckung des *Doppler*effektes wurzelte sogar geradezu in der Annahme, daß der Kanalstrahl allein aus schnell bewegten, positiv geladenen Teilchen bestehe. Allein als mit der Erkenntnis der Umladungsvorgänge bewiesen wurde, daß der größere Teil der Kanalstrahlen aus neutralen Teilchen bestehe, mußte die Hoffnung, schon jetzt über die elektrische Natur der leuchtenden Teile sicheres aussagen zu können, aufgegeben werden.

23. Der *Doppler*effekt erlaubt, die verschiedenen Linien eines Spektrums zu klassifizieren und ihren Trägern zuzuordnen. Wir sagten schon, daß man ihn bisher nur an den Serienlinien hat konstatieren können, also an Gruppen von Linien, die man wegen ihres Aussehens und weil ihre Orte im Spektrum als Funktion der Wellenlänge in Formeln zusammengefaßt werden konnten, also nicht aus tieferen physikalischen Gründen, von den Bandenspektren und Außenserienlinien trennen gelernt hatte. Der *Doppler*effekt gab dieser Einteilung eine physikalische Bedeutung: Offenbar gehören, nach ihm zu urteilen, sämtliche Linien einer Serie zu *einem* Träger. Weiterhin müssen wir schließen, daß allein dieser Träger in schneller Bewegung existenzfähig bleibt, und die Annahme ist wohl begründet, daß es das Atom ist, welches durch die Bewegung aus seinem Verbande befreit, die Linienserien allein zu emittieren vermag.

Die Bandenspektren haben in keinem Falle den *Doppler*effekt gezeigt. Wir erblicken in den Banden schon seit längerer Zeit die für die Atomverbände, die Moleküle und ihre Gruppen, charakteristischen Schwingungsmöglichkeiten, und eine wohlfundierte Theorie *J. Starks* rückt die bekannten Tatsachen in das Licht einer einfachen Beschreibung. Darüber hinaus sagt uns nun das Ausbleiben des *Doppler*effektes, daß diese *Atomkomplexe* in *schneller* Bewegung nicht mehr existenzfähig sind.

24. Die Linienklassifikation, die der *Doppler*effekt ermöglicht, vertieft also zugleich unseren Einblick in den Bau und in die Schwingungsmöglichkeiten der Träger der Spektrallinien. Wir sind zu den neuen Schlüssen, zu welchen schon die qualitativen Beobachtungen führten, auch durch Messungen berechtigt. *J. Stark* zeigte durch Messungen am *Doppler*effekt, daß die maximale Geschwindigkeit des Trägers der Serienlinien für alle Linien gleich groß ist, daß also für alle Linien einer Serie derselbe Träger angenommen werden müsse.

Können aber andererseits die Bandenspektren nur von Molekülen, von Teilchen des ruhenden Gases ausgesandt werden, so muß die Anregung zum Leuchten offenbar durch die Nähewirkung, den Stoß der rasch bewegten Kanalstrahlteilchen geschehen. Sie wird in zweierlei Weise geschehen können. Einmal kann das Randelektron eines Atoms oder seiner Komplexe — vom *Zeeman*effekt wissen wir, daß das negative Elementarquantum der Elektrizität der Lichterreger ist — durch Nachbarfelder vorbeistreichender Atome aus seiner Ruhelage entfernt

[1]) *J. Stark*, Ann. d. Phys., *21*, p. 401, 1906.

werden, ohne vom eigenen Atom abzureißen, und nun, um seine Ruhelage schwingend, die Lichterregung bewirken, ähnlich wie bei der Tonerzeugung beim Streichen einer Saite. Oder das schwingungsfähige Elektron eines ruhenden Moleküls wird tatsächlich durch die Nähewirkung rasch bewegter Atome des Strahls abgerissen und strahlt erst nach einer solchen voraufgegangenen Ionisation des Gases bei seiner darauffolgenden Wiedervereinigung mit dem Molekül die Lichtschwingungen aus.

Diese Vorstellungen werden durch Tatsachen gestützt: Läßt man den Strahl mit steigender Geschwindigkeit auf das ruhende Gas wirken, so zeigen die spektrographischen Aufnahmen, daß erst oberhalb 300—500 Volt Bandenspektren auftreten, oberhalb einer Grenze, von der ab erst Ionisation möglich ist. Bei weiterem Anwachsen der Strahlgeschwindigkeit wächst auch die Intensität der Bandenlinien. Die Ionisation des ruhenden Gases durch Nähewirkung des bewegten Strahls ist, wie früher bei der Umladung, nunmehr auch spektralanalytisch bewiesen.

Was aber von den die Banden aussendenden ruhenden Molekülen gilt, gilt auch von den die Serienlinien aussendenden ruhenden Atomen. Auch sie werden durch Nähewirkung zur Lichtemission um so stärker angeregt werden, je schneller der Strahl ist und je größer die Zahl der ruhenden Atome, auf die der Strahl trifft. Erst in letzter Zeit hat *L. Vegard*[1]) die Proportionalität der ruhenden Intensität der Serienlinien im *Doppler*effekt mit dem Druck und der Entladungsspannung wirklich nachgewiesen, während schon früher *J. Stark* das gleichzeitige Anwachsen der Bandenspektren mit der ruhenden Intensität im *Doppler*effekt der Kanalstrahlen betonte.

25. Wir sind damit bereits zu dem inneren Mechanismus der Vorgänge gelangt, die überhaupt zur Lichtemission führen. Schon, daß der Effekt nicht an allen Linien auftritt, zeigt die hohen Strahlengeschwindigkeiten in Parallele mit gewissen Einschränkungen in den Existenzmöglichkeiten der Atome und ihrer Verbände und zwingt uns zu Annahmen, die mit der Erklärung des Wesens der Lichterregung zugleich Aussagen über den Bau des Atoms und die Stärke seiner Kraftfelder verbinden. Hauptsächlich jedoch haben Messungen am *Doppler*effekt selbst unsere Kenntnis dieser Vorgänge vertieft. Die Parallelstellung der Bandenemission mit der ruhenden Intensität im *Doppler*effekt ließ vermuten, daß die ruhende Intensität mit dem bewegten Strahl nicht direkt zusammenhänge. Bewiesen hat das kürzlich *H. Wilsar*[2]) durch eine Untersuchung der spektralanalytischen Gesetzmäßigkeiten, welche die Lichterregung eines Kanalstrahls in einer chemisch heterogenen Atmosphäre charakterisieren: Die Linien des Kanalstrahls zeigten nur die nach dem Dopplerschen Prinzip verschobenen Intensitäten, die der ruhenden Atmosphäre nur die ruhenden Intensitäten oder die Banden; ohne das Vorhandensein einer Gasatmosphäre war ein Leuchten des Kanalstrahls im Beobachtungsraum nicht zu konstatieren. Damit war bewiesen: Das Leuchten entsteht wirklich nur durch jene (s. S. 357) Wechselwirkung der ruhenden und der bewegten Atome. Die ruhende Intensität des *Doppler*effektes wird von der ruhenden Gasatmosphäre ausgesandt, die den Kanalstrahl zum Leuchten anregt und von ihm ihrerseits zum Leuchten gebracht wird. Die Fortbewegung der fliegenden Atome wird endlich durch die Begegnung mit ruhenden nicht gehemmt. Dies letzte Resultat ist für das Verständnis des Atombaues besonders wichtig. Wenn ein Wasserstoffkanalstrahl in einer Sauerstoffatmosphäre nur die ruhende Intensität der Sauerstofflinien hervorruft, auch derjenigen, die den *Doppler*effekt haben können, so kann bei der Bewegung eines fliegenden Teilchens durch die ruhenden Atome nicht darauf gerechnet werden, daß das bewegte Atom bei Aufprall auf ein ruhendes diesem seine kinetische Energie abgibt und nun selbst in Ruhe bleibt. Dieser Fall des mechanischen Stoßes zweier Billardkugeln gilt offenbar für zwei Atome nicht, die sich mit annähernd Lichtgeschwindigkeit treffen. Hier ist die Materie nicht mehr undurchdringlich, das bewegte Atom fliegt durch das ruhende Atom hindurch, ohne ihm eine nennenswerte Geschwindigkeit zu erteilen. Wir können aber diesen Vorgang nicht anders abbilden als durch jene eingangs gegebenen Vorstellungen vom Aufbau des Atoms aus Dynamiden und deren Kraftfeldern.

Dasselbe, was die Kathodenstrahlforschung uns lehrte, daß nämlich die Durchdringbarkeit der Materie gegenüber den Elektronen eine Funktion der Strahlgeschwindigkeit sei, finden wir hier bei den Kanalstrahlen wieder. Denn die Fähigkeit, Sekundärstrahlen oberhalb einer durch die Entladungsspannung von ca. 500 Volt gegebenen Grenze zu erzeugen, sagt aus, daß von dieser Grenze an die Nähewirkung beginnt und die gegenseitige Undurchdringbarkeit der Atomkraftfelder aufhört. Je schneller nun das Kraftfeldsystem durch den Raum eilt, desto weniger bedeuten ihm fremde Äthergebilde, als welche wir die Materie ansehen, noch ein Hindernis; für die schnellsten Bewegungen, die Lichtgeschwindigkeit, gibt es bis auf einen verschwindenden Rest, die Elektronenkerne, nur noch den homogenen Ätherraum, die singulären Gebiete der Materie existieren für sie nicht mehr. Das sagen uns die Versuche *H. Wilsars* über den *Doppler*effekt der Kanalstrahlen aus, die unter anderem auch zeigten, wie aus einem Strahlenbündel beim Durchgang durch den Gasraum die schnelleren Teile herausgesiebt werden und schließlich allein übrig bleiben, während die langsameren absorbiert werden, sagen uns auch die Versuche *J. Königsbergers*, in denen es gelang, Kanalstrahlen durch dünne, lochfreie Aluminiumfolie treten zu lassen. Daß die α-Strahlen des Radiums, die schon längst als sehr schnell bewegte positive Teilchen erkannt sind, die Materie zu durchsetzen vermögen, gilt seit Jahren als sicheres Ergebnis der Forschung, ebenso wie die Tatsache, daß wir in ihnen materielle Teilchen zu erblicken haben. So können wir sie also, wenngleich ihre Verwandelbarkeit in Helium dies auch bedenklich erscheinen lassen mag, als die schnellsten Kanalstrahlen ansprechen, die wir kennen, und die an ihnen gewonnenen Resultate zum Aufbau unserer Atomvorstellungen mit jenen zusammen verwenden, die uns die positiven Strahlen an die Hand gaben. Über die Analogien, welche sich auf

[1]) *L. Vegard*, Ann. d. Phys., *39*, p. 111, 1912.
[2]) *H. Wilsar*, Dissertation. Würzburg 1912.

die Sekundärstrahlungsauslösung bei Nähewirkung und Durchquerung von Atomen beziehen, hat *C. Ramsauer*[1]) erst jüngst auf quantitative Belege gestützte Ausführungen veröffentlicht.

26. Die weiteren Ergebnisse der Spektroskopie der Kanalstrahlen besitzen nicht die gleiche Sicherheit wie die der Wilsarschen Versuche; aber auch sie sind schon wegen der Probleme, die sie behandeln, von Bedeutung. *J. Stark* hatte für die Lichtemission des bewegten Kanalstrahls, also für die bewegten Intensitäten des Dopplerstreifs in den Serienlinien, speziell des Wasserstoffs, ein der Temperaturstrahlung analoges Gesetz aufgestellt, welches aussagte, daß innerhalb der Serie mit wachsender Strahlgeschwindigkeit das Intensitätsmaximum der Lichtstrahlung nach kürzeren Wellenlängen zu wandern, daß man also von einer Temperatur der Strahlen sprechen und ihren Betrag dem Quadrate ihrer Geschwindigkeit proportional setzen könne. Aber die Grundlage dieses Satzes ist nicht einwandfrei. *Stark* zieht seine Folgerungen aus spektrographischen Aufnahmen, in denen die bewegte Intensität des Strahls und die ruhende des umgebenden Gases infolge senkrecht zum Strahl genommener Visionsrichtung *zusammenfielen*. Nun ist aber der Hauptunterschied zwischen dem Kanalstrahlleuchten und der Temperaturstrahlung gerade der, daß bei dieser die Atome im Mittel alle gleiche Geschwindigkeit haben, bei jener dagegen die Atome in zwei Gruppen sehr verschiedener Geschwindigkeit zerfallen. Man war also nicht sicher, ob nicht bei dem Leuchten der Kanalstrahlen eine Superposition der Wirkungen bewegter und ruhender Atome eine Analogie mit der Temperaturstrahlung vortäuschte; es gab bei der Verschiedenheit der physikalischen Bedingungen der beiden Fälle keinen Beweis, der zur Aufstellung eines Wienschen Verschiebungsgesetzes für Kanalstrahlen berechtigte.

In der Tat hat *L. Vegard* in der schon früher erwähnten Veröffentlichung nachgewiesen, daß, während die ruhende Intensität des *Dopplereffektes* mit steigender Spannung und steigendem Drucke proportional wächst, die bewegte Intensität sich mit steigender Spannung proportional vermindert und mit abnehmendem Drucke sich in der Weise verringert, daß das pro Stoß erzeugte Selbstleuchten des Kanalstrahlteilchens bei geringerer Gasdichte größer wird. Die beiden Komponenten der gesamten Lichtintensität verhalten sich also ganz verschieden, ihre Superposition täuscht jene Analogie mit dem Wienschen Verschiebungsgesetz der Temperaturstrahlung vor, tatsächliche Wesensgleichheit ist nicht vorhanden. Uns interessiert hier besonders die neue Einsicht, daß die Lichterregung an einem ruhenden Atom sich von der an einem bewegten unterscheidet. Es dürfte schwer fallen, diese Tatsache bei unserer mangelhaften Kenntnis der Vorgänge zu deuten. Wenn sie sich bestätigt, so wäre damit ein Anzeichen gegeben, daß die Bewegung der Materie durch den Raum nicht allein relativ gefaßt werden darf, sondern daß ihr eine physikalische Bedeutung zu geben ist; man könnte versucht sein, hierin ein Anzeichen für die Existenz des Äthers zu erblicken.

27. Von besonderem Interesse ist die Lichtemission bei sehr großen und bei sehr kleinen Geschwindigkeiten des Kanalstrahls. Für große Geschwindigkeiten hatten die Beobachtungen an Wasserstoffkanalstrahlen schon früher ergeben, daß die aus dem *Dopplereffekt* berechneten maximalen Geschwindigkeiten stets kleiner ausfallen als die nach der Ablenkungsmethode gefundenen. Die Unschärfe des *Dopplereffektstreifens* weist ebenso auf die Inhomogenität der Strahlen hin, wie sie vorher bei ihrem Verhalten im elektrischen und magnetischen Felde besprochen worden war, allein für die extremen Werte der Geschwindigkeiten, die in beiden Fällen gut definiert sind, müßten doch beide Methoden gleiche Werte liefern. Wenn nun aber nach *Vegards* Befund die bewegte Intensität eines Dopplerstreifs mit steigender Spannung abnimmt, so ist zu erwarten, daß die schnellsten, mit der Ablenkungsmethode noch ermittelten Strahlteilchen garnicht mehr leuchten, also durch den *Dopplereffekt* nicht mehr aufzufinden sind.

Es erinnert dies Aufhören des Leuchtens bei hohen Strahlgeschwindigkeiten an die Abnahme der Auslösung von Sekundärstrahlen mit steigender Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen. Aus der Ähnlichkeit der Fälle auf eine solche in der Mechanik des Vorganges zu schließen, liegt nahe. Wie bei der Sekundärstrahlung von sehr schnellen Kathodenstrahlen, so mag auch bei den schnellsten Kanalstrahlen die große Rasanz bei der Durchquerung eines ruhenden Atoms das eigene Emissionselektron nicht mehr recht zur Erzitterung kommen lassen. Aber wenn man auch die Abnahme des Leuchtens sich so erklären mag, ein Grund für die Verschiedenheit im Verhalten ruhender und bewegter Atome ist darin nicht zu erblicken.

28. Bei sehr langsamen Kanalstrahlen des Wasserstoffs, solchen bis zu 800 Volt Geschwindigkeit, hat *Paschen* eine andere Eigentümlichkeit entdeckt; der *Dopplereffekt* weist nicht einen, sondern zwei verschobene Intensitäten auf. Der Erklärungsmöglichkeiten hierfür gibt es mehrere. Man könnte sagen, daß bei kleinen Geschwindigkeiten die Molekularverbände im Strahle noch existenzfähig bleiben und ihrerseits die Serienlinien ausstrahlen, daß also der weniger verschobene Dopplerstreif dem Wasserstoffmolekül, der stärker verschobene dem Wasserstoffatom zuzuordnen sei, da bei derselben Entladungsspannung dieses eine größere Geschwindigkeit annehmen wird als jenes. Nach unseren Anschauungen, die dem Atom die Emission der Serienlinien, dem Molekül die Banden zuordnen, halten wir die Erklärung für weniger wahrscheinlich als die andere, die dem stärker verschobenen Dopplerstreif ein doppelt geladenes, dem weniger verschobenen ein einfach geladenes Atom zuweist. An und für sich ist die Berechtigung der Annahme, daß ein fliegendes Strahlteilchen im Umladungsprozeß, statt eines Elektrons, deren zwei und mehrere verlieren kann, sehr naheliegend, und tatsächlich sind durch die Beobachtungen der Herren *J. Königsberger, H. v. Dechend* und *W. Hammer* in zahlreichen Fällen mehrfache

[1]) *C. Ramsauer*, Jahrbuch für Radioaktivität und Elektronik, *9*, p. 515, 1912.

Atomladungen nachgewiesen worden. Aber wir geben gerne zu, daß damit das Verschwinden des einen der beiden verschobenen Dopplerstreifen bei höheren Geschwindigkeiten wenig plausibel wird. Wir verzeichnen die Paschensche Beobachtung mehr als Tatsache, deren Erklärung heute noch streitig ist, ohne damit einen Zweifel zu verbinden, daß ihre Erklärung durch die gegebenen Anschauungen vom Bau des Atoms möglich werden wird.

Eine dritte Erklärung zieht die Lichtquantenhypothese heran. Sie glaubt, sowohl in dem Auftreten zweier Maxima im Dopplerstreifen — in Einzelfällen meint *Stark* sogar drei Maxima beobachtet zu haben — wie in der Tatsache, daß der Dopplerstreif erst bei einer gewissen, von Null verschiedenen Geschwindigkeit ansetzt, eine Bestätigung ihrer Grundannahme erblicken zu können. Nach dieser Theorie geschieht die Lichtemission eines Atoms nicht in beliebigen Energiemengen, sondern nur in bestimmt abgeteilten Quanten, deren Betrag das Atom erst in sich aufgenommen haben muß, ehe die Abgabe in Form von Lichtenergie beginnen kann. Die Erörterung über die Lichtquantenhypothese steht in keinem engen Zusammenhange mit unserem Thema, und wir erwähnen die Heranziehung des *Dopplereffektes* zu ihrer Bestätigung nur kurz. Ob diese dritte Erklärung für das Auftreten mehrfacher Maxima im Dopplerstreifen mit Hilfe der Lichtquantenhypothese berechtigt ist, muß die Zukunft entscheiden, als gesichert darf sie ebensowenig wie die beiden vorher angeführten hingestellt werden, zumal auch sie nicht das Verschwinden des einen Maximums bei höheren Strahlgeschwindigkeiten zu deuten vermag.

29. Nehmen wir übrigens die Lichtquantenhypothese für das Verständnis der Vorgänge bei der Lichtemission der Kanalstrahlen zu Hilfe, so kommen wir auf eine interessante Beziehung zwischen Lichterregung und Umladung. Unter der Annahme, daß diese letztere durch Zusammenstöße zwischen bewegten und ruhenden Atomen, deren Nähewirkung oder Durchquerung, gegeben sei, findet *W. Wien*[1]) in seiner letzten Veröffentlichung die freie Weglänge der Kanalstrahlteilchen von derselben Größenordnung, wie sie in der kinetischen Gastheorie bekannt ist. Da nun die Lichtintensität einer der Wasserstoffserienlinien schon früher bestimmt, die Zahl der auf der Einheit der Wegstrecke von einem Atom im Mittel ausgesandten Energieelemente also bekannt war, so ließ sich das Verhältnis der Zusammenstöße eines bewegten Atoms zu der Zahl der ausgesandten Energieelemente berechnen. Es findet sich, daß auf je 275 Zusammenstöße, welche Umladung bewirken können, nur ein solcher kommt, der Lichterregung hervorruft.

Was uns hier die Lichtquantentheorie sagt, erscheint auch an und für sich plausibel. Die Zahl der Atombegegnungen darf als gleichbedeutend angesehen werden mit der Zahl der Umladungen; denn der gewöhnliche Fall wird eben doch der sein, daß ein Elektron bei gegebener Nähewirkung ein Atom verläßt oder zu ihm zurückkehrt. Verhältnismäßig selten wird die Erschütterung des Elektrons gerade eine solche sein, daß es Lichtschwingungen in den Raum hinauszusenden vermag, ein Fall, der sich nur als einer von mehreren Möglichkeiten darstellt. Die andere Deutung der obigen Beziehung, die darin bestehen könnte, daß man die Energie von 275 Zusammenstößen sich in einem Atom aufspeichern läßt, ehe sie aus ihm in Form von Lichterregung sich explosionsartig befreit, lassen wir als die unwahrscheinlichere beiseite.

30. Kehren wir nun noch einmal zu der schon angedeuteten Frage nach der elektrischen Natur der leuchtenden Teilchen zurück, so finden wir nirgends einen Anhalt, der zu sicheren Aussagen führte. Wir sahen, daß die Träger der Banden sehr wahrscheinlich neutrale Moleküle sind. Es liegt aus diesem Grunde nahe, anzunehmen, daß die Träger der Linienspektren Atome sind. Soweit herrscht Übereinstimmung, ebenso wie darüber, daß positiv geladene Atome strahlungsfähig sind und insbesondere die höheren Nebenserien zu emittieren vermögen. Die Spaltung der Meinungen gibt sich erst bei der Frage kund, ob neutrale Atome Träger für Linienserien sein können. *Lenard* kommt bei seinen an Flammen und elektrischen Lichtbögen gemachten Beobachtungen, *W. Wien* auf Grund seiner an leuchtenden Kanalstrahlen angestellten Messungen zu einer bejahenden Antwort. *J. Stark* widerstreitet dem, wohl in der Absicht, den neutralen Zustand den Trägern der Banden allein zu wahren. Unter seinen Argumenten nehmen die von *E. Gehrke* und *O. Reichenheim* entdeckten Anodenstrahlen eine wichtige Stellung ein. Die Natur dieser positiven Strahlen ist leicht durch ihre Entstehungsweise gekennzeichnet. Bildet man nämlich eine Anode, statt aus Metall, aus einem Halogensalz, am besten der Alkali- oder Erdalkalimetalle, so werden bei eintretender Erhitzung, wie sie die Entladung mit sich bringt, die entstehenden elektronegativen Halogendämpfe die massenhaft auf die Anode zueilenden Elektronen absorbieren und mithin einen abnorm hohen Anodenfall schaffen. Dadurch bekommt das elektrische Feld vor der Anode eine genügende Stärke, um es den die Anode erreichenden negativen Teilchen zu ermöglichen, dort die Salzmoleküle zu dissoziieren und positive Metallatome frei zu machen, die alsdann durch das positive Potential ihre Beschleunigung erhalten. Bis zu endgültiger Gewißheit ist der Vorgang noch nicht geklärt, aber jedenfalls liegt die Analogie mit den Versuchen *H. Wilsars* über Kanalstrahlen in fremden Atmosphären klar zutage. Es handelt sich bei den Anodenstrahlen um die Bewegung ursprünglich positiver Metallteilchen in heterogenen Atmosphären, die also ganz offenbar ebenso der Umladung unterworfen sind wie die Kanalstrahlen. Sie weisen denn auch Ablenkungserscheinungen auf, die jenen genau entsprechen, leuchten wie die Kanalstrahlen, nur eben, analog den Metalldämpfen in Flammen, schon bei sehr geringen Geschwindigkeiten, und zeigen nach *O. Reichenheim* nur die bewegte Intensität des *Dopplereffekts*, wie es die Versuche

[1]) *W. Wien*, Ann. d. Phys., *39*, p. 519, 1912.

Wilsars an Kanalstrahlen im gleichen Falle dargetan haben. Mithin kann man die Anodenstrahlen ebensowenig zu einer endgültig sicheren Beantwortung der Frage nach der Existenz neutraler Serienlinienträger heranzuziehen, wie jede andere Variation der Versuchsanordnung, die etwa darauf ausgeht, durch Einflüsse elektrischer oder magnetischer Felder auf den *Dopplereffekt*, d. h. also auf die Lichtträger, die Grundlage zu weiteren Schlüssen zu schaffen. Stets und überall kann infolge der Umladung, die jedes Leuchten der positiven Strahlen begleitet, die Erscheinung im Sinne der Existenz positiver wie neutraler Atome als Träger von Linienserien gedeutet werden. Und in der Tat ist es sehr wohl möglich, daß beide Fälle vorkommen; das Streitobjekt ist jedenfalls kein solches, welches den Bestand der Elektronentheorie bei ihrer Anwendung auf die Lichtemission der positiven Strahlen gefährdete.

31. Wir haben damit die wichtigsten Tatsachen, welche die Erforschung der positiven Strahlen zutage gefördert hat, auf ihre Bedeutung hin besprochen, die sie für die Kenntnis vom Bau des Atoms besitzen. Das Hauptergebnis dürfte dies sein, daß die positiven Strahlen die hauptsächlich aus dem Gebiet der Kathodenstrahlforschung hervorgegangene Elektronenhypothese bestätigt haben. Aus ihr heraus lassen sich alle wichtigen Erscheinungen im elektrischen und magnetischen Felde, wie der Lichtemission, die Umladung und die Struktur des *Dopplereffektes* unter den verschiedenen Bedingungen, wie die Intensitätsverhältnisse der Banden und Linienserien in den einzelnen Fällen, auf die einfachste Weise beschreiben. Das ist aber die Erfüllung der Hauptbedingung, die man einer Theorie stellen kann, welche der Zusammenfassung der verschiedensten Erscheinungen dienen soll. Wo sich noch Lücken in der Erklärung zeigten, handelte es sich um Einzelfragen, die den Gesamtaufbau nicht gefährdeten. Auch von ihnen läßt sich heute schon voraussehen, daß ihre Beantwortung aus der Elektronentheorie heraus wird gegeben werden können, die einen Unterschied zwischen Elektrizität und Materie nicht kennt, diese aus jener aufbaut und es als Hauptverdienst für sich in Anspruch nehmen kann, der neueren Physik ein vollkommen einheitliches Gepräge gegeben zu haben.

Zuschriften an die Herausgeber.

Bemerkung zu J. Matulas Artikel „Zur Kolloidchemie der Muskelkontraktion" (Heft 5, S. 109).

Matula referiert über eine neue von *Wolfgang Pauli* aufgestellte Theorie der Muskelkontraktion. Nur diejenige Seite dieser Theorie soll uns hier beschäftigen, die einer Prüfung durch das mikroskopische Studium der Muskelfaser zugänglich ist. *Pauli* nimmt an, daß der Kontraktionsvorgang in einer Quellung der Muskelfibrille auf Kosten der Sarkoplasmaflüssigkeit bestehe, und stützt sich hierbei auf histologische Untersuchungen *M'Dougalls*. Des letzteren Auffassung aber, die neuerdings von *Meigs* geteilt wurde, beruht auf einer irrtümlichen Deutung mikroskopischer Präparate, wie ich nachweisen konnte (Zur Histologie der quergestreiften Muskelfaser, insbesondere über deren Querschnittsbild bei der Kontraktion. *Arch. f. mikroskop. Anatomie*, Bd. 75, 1910). Einige Sätze aus dieser Publikation seien angeführt. „Eine kurze Betrachtung erfordern unsere Ergebnisse am Muskelquerschnitt noch in bezug auf die Frage, ob aus ihnen eine Aufnahme von Sarkoplasmabestandteilen in das Muskelsäulchen hinein bei der Kontraktion zu folgern sei ..... Mit aller Entschiedenheit ist zu betonen, daß eine derartige Auffassung nur auf Grund der Bilder des fixierten Muskels entstehen kann, nicht aber bei Heranziehung frischen Materials. Tatsächlich ist die Sarkoplasmamenge eine so minimale, daß keine irgendwie nachweisbare Quellung der kontraktilen Substanz infolge von Wasseraufnahme aus dem Sarkoplasma anzunehmen ist. Nachdem *Hürthle* auf Grund seiner Messungen an der überlebenden Faser eine Quellung der anisotropen Schicht weder auf Kosten der isotropen Schicht noch des Sarkoplasmas konstatieren konnte, findet auch in unseren Ergebnissen die Quellungstheorie keine Stütze."

Wollte man unter diesen Umständen noch an einer Quellungstheorie der Muskelkontraktion festhalten, so bliebe nichts anderes übrig, als den Boden der Tatsachen zu verlassen und sich auf das gefährliche Gebiet der „Metastrukturen" zu begeben. Zurzeit ist die einzige physikalisch-chemische Theorie der Muskelkontraktion, die nicht mit Tatsachen der Histologie in Widerspruch steht, die von *Jensen, Bernstein* u. a. vertretene Auffassung, daß die Oberflächenspannung zwischen Fibrille und Sarkoplasma die Energiequelle für die Muskelkontraktion darstelle.

Dr. S. Gutherz, Bonn.

Besprechungen.

Dölter, C., Handbuch der Mineralchemie. Bd. II. Lieferung 1 (Bogen 1—10). Dresden und Leipzig, Theodor Steinkopff, 1912. Preis M. 6,50.

Die neue Lieferung bietet besonders interessante und wichtige Abschnitte; sie enthält Allgemeines über Silikate sowie den Abschnitt über Quarz. Ein erstes Kapitel von *F. Becke* behandelt den *Zusammenhang der optischen Eigenschaften mit der chemischen Zusammensetzung der Silikate*. Für die Silikate als die wichtigsten der gesteinsbildenden Mineralien ist ja die genaue mikroskopisch-optische Identifizierung von besonderer Bedeutung. Besprochen wird die Gültigkeit der Gladstoneschen Regel, welche aber für Silikate nur eine angenäherte ist. Eingehend werden dann die optischen Eigenschaften isomorpher Mischungen behandelt, wovon besonders die Artikel über Kalk-Natron-Feldspate, über die Pyroxen- und Amphibolgruppe sowie über Zoisit und Epidot hervorgehoben seien. Ein weiterer Abschnitt von *J. Königsberger* ist der *Paragenesis der natürlichen Kieselsäuremineralien* gewidmet. Behandelt sind vorwiegend die schön kristallisierten Vorkommnisse in den Hohlräumen der Gesteine, deren Studium im Gegensatz zu den gesteinsbildenden Mineralien die eigentliche Mineralogie ausmacht. Es liegt wohl hier der erste Versuch einer paragenetischen Klassifikation der Silikatmineralien überhaupt vor. Es werden fünf Hauptgruppen unterschieden: 1. Protogene Mineralbildungen gleichzeitig mit der Erstarrung eines Eruptivgesteins (besonders die protopneumatolytischen Mineralien werden ausführlich behandelt). — 2. Epigenetische Mineralien, die noch mit der Erstarrung der Eruptivgesteine zusammenhängen; es handelt sich um die Bildungen auf Erzgängen, in

Fumarolen und in Thermen. — 3. Protogene Mineralbildungen gleichzeitig mit der Entstehung der Sedimentgesteine. — 4. Epigenetisch-dynamometamorphe Mineralbildungen; hierher gehören namentlich die alpinen Mineralklüfte. — 5. Epigenetisch-meteorische, d. h. mit Verwitterungsprozessen zusammenhängende Bildungen. Diese Gruppen werden an der Hand von Beispielen besprochen. Ein weiterer Abschnitt über die *Konstitution der Silikate* von *C. Dölter* selbst gibt einen Überblick über den gegenwärtigen Stand der Ansichten auf diesem schwierigen und noch wenig geklärten Gebiete. Nach einem geschichtlichen Überblick und der Besprechung der Methoden zur Erkennung der Konstitution werden ausführlicher die Theorie der Alumokieselsäure und Alumosilikate von *Vernadsky*, die Thuguttschen Ansichten, die Theorien über die Tonmineralien, die Ansichten von *Clarke* und die Aschsche Hexit-Pentit-Theorie behandelt. Zum Schluß werden die verschiedenen Hauptgruppen der Silikate bezüglich ihrer Konstitution genauer besprochen. — Die Einzelbesprechungen beginnen mit derjenigen der Kieselsäuremineralien. Ein kürzeres Kapitel von *M. Dittrich* behandelt die *Analysenmethoden von Quarz, Chalcedon, Opal*. Dann folgt der Abschnitt *Siliciumdioxyd* von *C. Dölter*, wovon in diesem Heft nur noch der *Quarz* erledigt wird. Es werden besprochen: die chemischen Analysen desselben, fremde Beimengungen (besonders solche, welche die verschiedene Färbung bedingen), Löslichkeit in Wasser und verschiedenen chemischen Agentien, physikalische Eigenschaften (optische, thermische, elektrische Eigenschaften, Magnetismus, Radioaktivität, Verhalten beim Bestrahlen mit Radium-, Röntgen- und ultravioletten Strahlen), die Synthese des Quarzes, Verwitterung und Entstehung in der Natur. — Den Beschluß der Lieferung bildet ein kürzerer Abschnitt: *Chemisch-Technisches über Quarzglas* von *M. Herschkowitsch*. — Dem Text sind reichlich Diagramme, Tabellen und Figuren beigefügt, außerdem eine Tafel mit Abbildungen synthetischer Quarze. Besonders zu erwähnen sind noch die ausführlichen Literaturnachweise.

J. Uhlig, Bonn.

Dakin, H. D., Oxidations and reductions in the animal body. London, Longmans, Green and Co., 1912. 135 S. (Aus der Sammlung: Monographs on biochemistry.) Preis 4 sh.

Das Buch von *Dakin* enthält eine Schilderung der Reaktionen, in welchen sich der Aufbau und der Abbau von Fettsäuren, Aminosäuren, Kohlehydraten und Purinkörpern im tierischen Organismus vollzieht. Diejenigen Reaktionen, welche in hydrolytischen Spaltungen von Estern, Amiden, Äthern und den diesen Spaltungen entgegengesetzten Anhydrisierungen beruhen, werden nicht besprochen: der Gegenstand des Buches beschränkt sich auf die Oxydationen, Umlagerungen, Reduktionen, sowie die Spaltungen der Kohlenstoffketten der einfachsten Bausteine lebendiger Substanz.

Der Stoff ist nach Gesichtspunkten der organisch-chemischen Reaktionslehre behandelt; der Verfasser erörtert — ohne auf die biologische Bedeutung und die physikalisch-chemischen Bedingungen der Vorgänge einzugehen — lediglich die Frage: welche chemischen Veränderungen (mit der oben gemachten Einschränkung) erleidet eine bestimmte Substanz (oder wo Verallgemeinerung statthaft ist, eine Körpergruppe) im tierischen Organismus. Von diesem Gesichtspunkt aus ist der Stoff des Buches von *Dakin* in außerordentlich klarer und interessanter Weise bearbeitet.

In dem einleitenden Abschnitt: Über die Natur der oxydierenden und der reduzierenden Agentien des Tierkörpers behandelt *Dakin* nur den allgemeinen Charakter und den vermutlichen Mechanismus der Oxydationsreaktionen, indem er die Analogie der vitalen Oxydationen mit denjenigen hervorhebt, welche durch Wasserstoffsuperoxyd bewirkt werden und andererseits die Rolle der Hydroperoxydderivate in den Vorgängen der Autoxydation. Der in der letzten Zeit durch Arbeiten von *H. Wieland* erschlossene Mechanismus der Oxydation organischer Verbindungen durch direkte Dehydrierung, dem vielleicht neben der Sauerstoffaufnahme eine biochemische Bedeutung zukommt, wird in dem Dakinschen Buche noch nicht behandelt. Auf die oxydierenden Fermente, deren Funktion und Beziehungen zum energieliefernden Stoffwechsel weder sichergestellt noch irgendwie aufgeklärt ist, geht *Dakin* nicht ein. In bezug auf den Mechanismus der Reduktionsvorgänge beschränkt sich *Dakin* auf den Hinweis auf die wahrscheinliche Rolle der Aldehyde in diesen Reaktionen.

In einem weiteren Kapitel wird die Art erläutert, wie aus Stoffwechselversuchen an gesunden und kranken Organismen sowie an isolierten Geweben unter Wahl geeigneter Versuchssubstanzen Aufklärungen über die chemischen Vorgänge des intermediären Stoffwechsels gewonnen werden. Dann folgen die speziellen Kapitel, in welchen die Reaktionen einzelner Körperklassen besprochen werden.

Die von *Knoop* an aromatischen Karbonsäuren entdeckte Regel der Oxydation am β-Kohlenstoffatom bildet den Ausgangspunkt der Betrachtung; es folgt die Bestätigung dieser Regel an aliphatischen Säuren mit normaler Kette, von welchen stets nur die mit paariger Anzahl von Kohlenstoffatomen — von der Buttersäure aufwärts — in der überlebenden Leber und im Organismus des Diabetikers zur Bildung von Acetessigsäure führen. Ein besonders interessantes Kapitel enthält die Diskussion der Frage nach dem Mechanismus des oxydativen Angriffs des β-Kohlenstoffatoms der Karbonsäuren: ob durch direkte Einführung eines Sauerstoffatoms in das Kohlenstoffatom zunächst eine β-Oxysäure entsteht und aus dieser erst durch weitere Oxydation die Ketonsäure wird, oder ob der erste Eingriff in einer Dehydrogenierung, der Bildung einer Δαβ-ungesättigten Fettsäure, besteht, aus welcher durch weitere Oxydation und Umlagerung die Ketonsäure, durch Reduktion dieser die β-Oxysäure entsteht.

In den weiteren Abschnitten werden von den gleichen Gesichtspunkten aus die Schicksale der ungesättigten Fettsäuren, der Säuren mit verzweigten Ketten und der zweibasischen Säuren beschrieben; es folgt ein Kapitel über die gegenseitigen Beziehungen der Aminosäuren, der Ketonsäuren und der Oxysäuren, worin als Hauptproblem der Aufbau und der Abbau von Aminosäuren an Hand der Arbeiten von *O. Neubauer* und von *Knoop* besprochen wird. Weiter wird der Abbau des Phenylalanins und des Tyrosins zu Homogentisinsäure (Hydrochinonessigsäure) im Organismus des Alkaptonurikers und der normale Abbau dieser Körper zu Acetessigsäure behandelt.

Ein eingeschaltetes Kapitel enthält den Abbau der Aminosäuren durch Mikroorganismen; weniger inhaltsreich und weniger kritisch als die anderen ist das Kapitel über Kohlehydrate. Schließlich werden die Oxydationen und Spaltungen der Purinkörper und die Umwandlungen von Kohlenwasserstoffen, Alkoholen, Phenolen, Aldehyden, Aminen und von Indolderivaten besprochen.

Das Buch von *Dakin* ist in den vom Verfasser gezogenen Grenzen des Gegenstandes vollständig und erschöpfend, die Darstellung außerordentlich kritisch, klar und interessant geschrieben. Daß der Verfasser selber große Verdienste um das Gebiet, welches er bespricht,

erworben hat und auch öfters auf eigene, unveröffentlichte Erfahrungen zurückgreift, erhöht den Wert des Buches. Das Verständnis setzt nur die Elemente der organischen und physiologischen Chemie voraus.

Eine Literaturzusammenstellung schließt das Buch.

Parnas, Straßburg i. E.

Henrich, Ferdinand, Theorien der organischen Chemie. Braunschweig, Friedrich Vieweg & Sohn, 1912. 401 S. Preis geb. M. 11,—.

Das vorliegende Werk erscheint als zweite Auflage des 1908 von *F. Henrich* geschriebenen Buches: Neuere Anschauungen auf dem Gebiete der organischen Chemie.

Die erste Auflage des Buches wurde seinerzeit allgemein freudig aufgenommen, war doch eine Geschichte der Entwicklung der Theorien der organischen Chemie geeignet, eine Lücke in der chemischen Literatur auszufüllen. Es ist deshalb zu begrüßen, daß sich der Verfasser der Aufgabe unterzogen hat, sein Werk durch Einfügung der in den letzten Jahren gemachten Fortschritte zu ergänzen und zu erweitern.

Die Einteilung des Stoffes ist dieselbe geblieben. Ausgehend von der durch *Lavoisier* vertretenen dualistischen Auffassung chemischer Verbindungen und von den elektrochemischen Theorien von *Berzelius* wird zunächst in eingehender Weise die Entwicklung der Strukturchemie erläutert. Es folgt eine kurze Betrachtung der van 't Hoffschen Hypothese von der Gestalt des Kohlenstoffatoms und eine ausführliche Behandlung der Thieleschen Theorien von den Partialvalenzen. Im Anschluß an diese werden die Willstätterschen Arbeiten über das Cyclooktatetraen besprochen, einen dem Benzol in gewisser Weise ähnlichen Achtring, aus dessen wesentlicher Verschiedenheit im chemischen Verhalten gegenüber dem Benzol sich ganz neue Gesichtspunkte für die Auffassung von der Konstitution des letzteren ergeben, die mit den Thieleschen Anschauungen im Gegensatz stehen.

Weiter seien genannt ein Abschnitt über Tautomerie und Desmotropie, ein solcher über Pseudosäuren und Pseudobasen, dann die Beziehungen zwischen Farbe und Konstitution chemischer Verbindungen, die Beziehungen zwischen Konstitution und Fluoreszenz, die molekularen Umlagerungen, die theoretischen Anschauungen *A. Werners*, die neueren elektrochemischen Ansichten in der organischen Chemie usw.

Der Vergleich mit der ersten Auflage zeigt, daß das Kapitel über Substitution im Benzolkern neu eingefügt ist, ebenso dasjenige über physikalisch-chemische Einflüsse, in welchem gezeigt wird, wie auch in der organischen Chemie die Anwendung physikalischer Meßmethoden von Tag zu Tag an Bedeutung gewinnt und wie die Ermittlung physikalischer Eigenschaften wie Molekularvolumen, Lichtbrechungsvermögen, Dispersion, optisches Drehungsvermögen, Verbrennungs- und Bildungswärme, elektrische Leitfähigkeit usw. zur Erkennung wichtiger Zusammenhänge und zur Erweiterung der theoretischen Vorstellungen führt.

Völlig neu bearbeitet sind schließlich das Kapitel über Farbe und Konstitution und dasjenige über die neueren elektrochemischen Ansichten, in welchem namentlich die Anschauungen *I. Starks* über die Beteiligung der Elektronen am molekularen Aufbau Berücksichtigung finden.

Das mit großer Sorgfalt durchgearbeitete Buch wird sicherlich nicht nur dem Studierenden und dem ausgebildeten Fachchemiker von Nutzen sein, sondern wird sicherlich auch in weiteren Kreisen, die sich für die neueren Anschauungen in der Chemie interessieren, zahlreiche Leser finden. *G. Just, Berlin.*

Walther, Johannes, Lehrbuch der Geologie Deutschlands. II. Auflage. Leipzig, Quelle & Meyer, 1912. 429 S., 242 Bilder und eine geologische Karte. M. 8,40.

Der heutigen Geologie ist unter den exakten Naturwissenschaften ein besonderes Los geworden. Zu einer Zeit, wo die Schwesterwissenschaften, wie die Chemie und Mineralogie, über einen wohl ausgebildeten Canon gesicherter Ergebnisse verfügen, steckt unsere Disziplin noch in den Kinderschuhen spekulativer Ideen. Es gibt heute nicht zwei Geologen, die sich über grundlegende Fragen, wie über das Klima der Vergangenheit, über die Wirkung erodierender Kräfte oder über die Bewegungen der Erdrinde vollkommen einig wären, ganz abgesehen von Theorien über die Ursache der Gebirgsbildung oder über das Alter der Erde.

Zu einer solchen Zeit ist eine starke Dosis von Phantasie zur Verwertung der lückenhaften Tatsachen erforderlich, und gerade unsere besten populärsten Darstellungen sind daher in einer Weise vom subjektiven Geiste des Verfassers erfüllt, wie sie in jedem anderen naturwissenschaftlichen Fache undenkbar wäre.

Der Hallenser Geologe *Johannes Walther* verfügt über ein ungewöhnliches Talent in der angedeuteten Richtung. Sein Lehrbuch der Geologie Deutschlands, welches nach zwei Jahren bereits in zweiter Auflage vorliegt — für ein geologisches Lehrbuch ein außerordentlicher Erfolg — muß ungeteilten Beifall finden, wenn wir es als eine Propagandaschrift auffassen, welche in Kreisen etwa der Mittelschulen für geologische Probleme Interesse hervorrufen soll.

Kaum jemals — scheint mir — ist über die gestaltenden Kräfte der Landschaft (S. 1—50) und über die Geschichte des Paläozoikums in Deutschland (merkwürdigerweise ist für *Walther* das Cambrium nicht paläozoisch, sondern eozoisch) in gleich flüssiger Form geschrieben worden.

Daß *Walther* in der Beurteilung der Salzlager des Zechsteins und der Sandsteinbildungen der Trias seine Erfahrungen aus heutigen Wüsten zu weitgehend verallgemeinert hat, ist ein gegen den Autor oft erhobener Vorwurf, welcher bei der Lektüre der folgenden Kapitel nicht außer acht gelassen werden darf. Die Abschnitte über Jura, Kreide und Tertiär sind prägnant und anregend zugleich geschrieben. Sehr willkommen sind auch maßstäblich gehaltene typische Schichtenprofile aus den in Deutschland vertretenen Formationen.

Die eiszeitlichen Erscheinungen (Verf. spricht hartnäckig von einer Schneezeit) sucht *Walther* durch eine lange Sonnenfleckenperiode und Verschiebung des Nordpols nach Grönland zu erklären. Wäre letzteres richtig, so müßte in der Nähe des Gegenpols Australien eine stärkere Vergletscherung zeigen, als sie wirklich vorhanden ist. Bei der Karte der vorzeitlichen Flußverbindungen (S. 166) ist zu erinnern, daß der Main aus mehreren gegen die Donau — nicht gegen den Rhein — gewendeten Nebenfluß-Talstücken besteht, und daß überhaupt die große Zahl der gegen Süden zu der Donau tributären Nebenflüsse fehlt, welche heute zum Teil rheinwärts abgezapft worden sind.

Im Abschnitt vom ältesten Menschen wäre ein näheres Eingehen auf die besonders von *Klaatsch* unterschiedenen drei fossilen Menschenrassen (Neandertal, Aurignac, Cro-Magnon) willkommen, während die Abstammungsfragen in knapper, aber einwandfreier Form zur Darstellung gelangen.

In der geologischen Übersicht, welche der Beschreibung der deutschen Einzellandschaften vorausgeht, findet sich die auf der letzten Hauptversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft fast allseitig abgelehnte Vorstellung, daß seit der Jurazeit die Schrumpfung der Erdrinde in Deutschland zu heftigen

Konvulsionen des Seitenschubes führte. Ref. vertritt mit *E. Sueß* die Ansicht, daß die tektonischen Formen in Norddeutschland auf Senkung, nicht auf Seitenschub-Faltung weisen.

Die Definition der Fastebene (S. 181) durch Zuschüttung oder Zertalung von Ebenheiten steht im Widerspruch mit dem Davisschen Begriff und mit der an anderer Stelle des Buches (S. 32) gegebenen Erklärung.

Die Tektonik der deutschen Landschaften wird an der Hand von stark schematisierten Profilen erklärt. In Profil 93 durch den Südrand des westfälischen Kohlenbeckens kommt die starke Faltung der Karbonschichten nur ungenügend zum Ausdruck. Hier, wie im oberschlesischen Steinkohlenbecken, stehen in den neueren Lehrbüchern von *Dannenberg* und *Frech* bessere Vorlagen zur Verfügung. Dankenswert sind hingegen die nur in schwarz gehaltenen und doch übersichtlichen Kärtchen, besonders die des Siebengebirges und des badischen Schwarzwaldes.

Profil 28 zeigt den Meißner mit unterlagerndem Vulkanschlot, bringt also nicht die Beyschlagsche, sondern die entgegengesetzte Moestasche Auffassung zur Darstellung. Daß der Kupfergehalt des in ganz Mitteldeutschland bis nach England und Rußland ausgebreiteten Kupferschieferflözes aus dem beschränkten und wahrscheinlich erst seit dem Tertiär angeschnittenen Rammelsberger Erzlager stammen soll, ist eine quantitativ unmögliche Annahme. Der Domberg bei Suhl verdient wohl die Bezeichnung „Horst", während „Fenster" einem durch Erosion geöffneten überschobenen Gebirgsteil vorbehalten werden muß. Die Profile besonders in Thüringen sind zu stark überhöht, um über die wirklichen Lagerungsverhältnisse Aufklärung zu geben. Das Profil von Ebersdorf (S. 341) müßte nach der Frechschen Darstellung in der Lethaea und nach der neuen Meßtischblattaufnahme revidiert werden. Die Verwerfungen der Beuthner Mulde sind großenteils prätriassisch, was aus dem Profil 201 nicht genügend deutlich hervorgeht. Endlich fehlen auf der Übersichtskarte die bedeutenden oberschlesischen Störungen, besonders der Orlauer Bruch.

Der Aufbau der Alpen (S. 379 ff.) würde wohl bei einer späteren Bearbeitung etwas eingehenderer Behandlung würdig sein, welche wir besonders mit Hinblick auf das unter dem Eindruck unmittelbarer Anschauungen frisch hingeworfene 40. Kapitel über die Dolomiten vermissen.

Was die Abbildungen anlangt, so sind manche Tierrekonstruktionen bewegungslos. Statt mancher Zeichnungen wären auch Photographien vorzuziehen. Dafür entschädigt aber eine große Fülle von Landschaftsbildern besonders aus Mittel- und Norddeutschland, welche einen auch ästhetisch überaus befriedigenden Anblick gewähren.

Im ganzen liegt ein verdienstvolles und zeitgemäßes Werk eines zur Popularisierung der geologischen Wissenschaft in erster Linie berufenen Autors vor, das allerdings in manchen Einzelheiten Widerspruch herausfordert, und bei dem man sich zu vergegenwärtigen hat, daß es weniger als Lehrbuch, denn als Lesebuch zu betrachten ist, welches zu gründlicherer Belehrung anregen soll.

R. Lachmann, Breslau.

Astronomische Mitteilungen.

Über den kürzlich verstorbenen amerikanischen Astronomen *Lewis Swift*, der zuerst Direktor des Warner-Observatoriums im Staate New York und dann Direktor des Lowe-Observatoriums auf dem 900 m hohen Mount Echo in der südkalifornischen Sierra Madre war, veröffentlicht Prof. *Barnard* von der Yerkes-Sternwarte bei Chicago in den *Astron. Nachr.* Nr. 4693 einen interessanten Lebenslauf. Nicht weniger als *12 Kometen* hat *Swift* in den Jahren 1862 bis 1899 entdeckt, und den letzten Kometen 1899 a sogar im 79. Lebensjahre. Außerdem hat *Swift*, der sich zahlreicher Auszeichnungen von wissenschaftlichen Gesellschaften aus der alten wie der neuen Welt erfreute, *mehrere Hunderte von Nebelflecken* in seinem arbeitsreichen Leben aufgefunden.

Auf der unter Prof. *Wolfs* Leitung stehenden Königstuhl-Sternwarte bei Heidelberg wurden *drei neue kleine Planeten* entdeckt, von denen der Planetoid 1913 QZ 11. Größenklasse, der Planetoid 1913 RA sogar 9. Helligkeitsklasse und der Planetoid 1913 RB nur 14. Größenklasse, also ganz lichtschwach ist.

Der von *Gale* entdeckte *Komet 1912 a*, für dessen Bahnbewegung in den Monaten April, Mai in den *Astr. Nachr.* Nr. 4639 von *M. Ebell* eine Ephemeride gegeben ist und der gegenwärtig nur noch von der 11¼. Größenklasse erscheint, konnte von *H. Kritzinger* auf der Sternwarte Bothkamp beobachtet werden. Danach zeigt dieser Komet im Fernrohr einen etwa 2½ Bogenminuten breiten Kopf mit sternartigem Kern. Seine in der Ebellschen Bahndarstellung bezeichneten Positionen stimmen bis auf 2 Zeitsekunden in Rectascension und bis auf etwa 2 Bogenminuten in Deklination mit den faktischen, im Fernrohr gemessenen Kometenörtern überein.

Von der *Neuen Alleghany-Sternwarte*, die mit der nordamerikanischen Universität Pittsburgh zusammenhängt und an Stelle des alten, von *Langley*, begründeten Observatoriums, das noch mitten in der rauchigen Fabrikstadt stand, außerhalb der Stadt errichtet wurde, liegt eine interessante Widmungsschrift vor. Aus derselben ist ersichtlich, daß diese nunmehr in günstiger Lage außerhalb der Fabrik- und Kohlenstadt errichtete und unter Leitung von Prof. *Schlesinger* stehende Sternwarte zwei große Fernrohre zur erfolgreichen Durchführung der Himmelsforschung besitzt, nämlich ein 30zölliges *Spiegelteleskop*, zur Erinnerung an den allzufrüh verstorbenen amerikanischen Astronomen *Keeler* „The Keeler Memorial Telescope" genannt und einen 30zölligen Refraktor, der einem der Stifter zu Ehren als „The Thaw memorial Telescope" bezeichnet wird.

Die Verteilung der Sterne verschiedener Spektraltypen erörtert Professor *Seeliger* in den *Astron. Nachr.* Nr. 4640 auf mathematischer Grundlage. Er kommt zu dem interessanten Ergebnis, in Übereinstimmung mit den Arbeiten von *Schwarzschild* und *Pickering*, daß die Verteilung der helleren Sterne bis zur sechsten Größenklasse, die verschiedenen Spektraltypen angehören, sich mathematisch nach bestimmten Funktionen darstellen läßt. Ferner konstatiert er die wichtige Tatsache, daß ein deutlicher Zusammenhang zwischen der *Leuchtkraft* und der *Größe der Eigenbewegung* bei den Fixsternen vorhanden ist. Die Leuchtkraft nimmt nämlich sehr merklich ab mit zunehmender Eigenbewegung. Endlich folgert Professor Seeliger, daß die mittleren Parallaxenwerte der Sterne, insbesondere für die lichtschwächeren Fixsterne, erheblich gegen die Zone der Milchstraße hin abnehmen.

Sechs neue veränderliche Sterne sind in den letzten Wochen entdeckt worden, zwei von *Rambaut* auf der bei Oxford gelegenen Radcliffe-Sternwarte und vier von *d'Esterre* auf dem Tatsfield-Observatorium. Es handelt sich nach der in den *Astron. Nachr.* Nr. 4640 gemachten Mitteilung einmal um zwei lichtschwache Sterne im „Stier" und „Widder" von der 11. Größenklasse, von denen der erstere photographisch und visuell etwa um eine halbe Helligkeitsstufe (11,0 bis 11,6) variiert, wäh-

rend der zweite nur photographisch aufgenommen werden konnte, und um etwa zwei Größenklassen (von der 11. bis zur 13.) variiert. Die vier anderen veränderlichen Sterne liegen im „Perseus" (drei Sterne) und im „Cepheus" (1 Stern). Die Veränderlichen im „Perseus" sind so beschaffen, daß der erste 0,1913 Persei in einer Periode von 4,6 Tagen zwischen der Größenklasse 9,8 und 11,2 schwankt, der zweite 7,1913 Persei in 5,5 Tagen zwischen 9,8 und 11,5 und der dritte 8,1913 Persei in 450 Tagen zwischen der 10,6. und 12,5. Größenklasse variiert. Der veränderliche Stern im „Cepheus" endlich 9,1913 Cephei scheint in einer Periode von 360 Tagen zwischen den Helligkeitsstufen 10,4 und 11,6 seine Leuchtkraft zu ändern, was auch durch Beobachtungen von *Pickering* auf der Harvard-Sternwarte bei Cambridge (Nordamerika) bestätigt ist. *A. M.*

Kleine Mitteilungen.

Über die Entwicklungsgeschichte der Zündholzindustrie macht Dr.-Ing. *Fischer* in der *Zeitschrift für angewandte Chemie* 1913, S. 73 interessante Angaben. Im Jahre 1812 kamen die ersten Tunkhölzchen auf den Markt, deren aus Schwefel und chlorsaurem Kali bestehende Köpfe durch Eintauchen in konzentrierte Schwefelsäure zur Entzündung gebracht wurden. Sie waren bis zum Beginn der 30er Jahre allgemein in Anwendung, doch suchte man eifrig nach einer Verbesserung der Zündhölzer, weil das Hantieren mit Schwefelsäure im Haushalt zu gefährlich war. 1832 gelangten dann die sogenannten *Congreveschen* Reibzündhölzer zur Einführung, deren Köpfe aus einem Gemisch von chlorsaurem Kali und Schwefelantimon bestanden und die durch Abziehen an einem harten Papier, das bisweilen noch mit Glaspulver überzogen war, in Brand gesetzt wurden; sie sind als die Vorläufer unserer heutigen schwedischen Zündhölzer zu betrachten. Bereits seit dem Beginn des 19. Jahrhunderts hatte man versucht, den Phosphor zur Herstellung von Zündhölzern zu verwenden, diese Versuche hatten jedoch auch erst in den dreißiger Jahren Erfolg, und man gab den giftigen und leichtentzündlichen Phosphorzündhölzern bald auch vor den technisch vollkommeneren *Congreveschen* Reibzündhölzern den Vorzug. Im Laufe der Jahre gelang es, durch verbesserte Fabrikationsmethoden die Selbstentzündlichkeit der Phosphorzündhölzer sehr erheblich zu vermindern, so daß man sie auch in größeren Mengen ohne Gefahr versenden konnte. Im Jahre 1845 wurde der ungiftige und weniger leicht entzündliche *rote* Phosphor erfunden, durch dessen Verwendung die Zündhölzer wesentlich verbessert wurden. Diese Phosphorzündhölzer erfreuten sich einer so großen Beliebtheit, daß die im Jahre 1848 von dem deutschen Chemiker *Böttcher* erfundenen phosphorfreien Zündhölzer, die unseren heutigen vollkommen glichen, in Deutschland keinen Eingang fanden. Der Hauptgrund hierfür war wohl der, daß die Böttcherschen Zündhölzer nur an einer besonderen Reibfläche entzündet werden konnten. In Schweden dagegen, wohin *Böttcher* sich wandte, wurde der Wert dieser Erfindung besser erkannt, und es entwickelte sich dort eine blühende Industrie. Eine einzige Fabrik in Jönköping erzeugt mit 800 Arbeitern heute täglich 1 Million Schachteln, d. s. 15 000 kg im Werte von 10 000 M. ohne Steuer. Als dann die Verwendung des Phosphors in den meisten Ländern verboten wurde, wurde diese Fabrikation bald auch in Deutschland aufgenommen. *S.*

Auf der am 17. Dezember vorigen Jahres seitens der Physikalischen Gesellschaft in London veranstalteten Ausstellung wissenschaftlicher Instrumente wurde eine von *C. V. Boys* angegebene **Regenbogenschale** vorgeführt. Dies war eine Messingschale von 5 Zoll (127 mm) Durchmesser, über deren Öffnung ein Häutchen aus Seifenlösung hergestellt wurde. Bei Drehung dieser Schale mittels eines Gyrostaten wurden die schweren Teile der Seifenlösung nach außen geschleudert. So entstand auf dem Häutchen eine Reihe prachtvoller farbiger Ringe und bei weiterer Beschleunigung der Drehgeschwindigkeit in der Mitte ein dunkler Fleck, dessen Auftreten dann das Zerreißen des Häutchens zur Folge hatte. *(Engineering 94,* 855, 1912.) *Mk.*

Die im Jahre 1867 von *Kelvin* angegebene **Heberschreibvorrichtung (siphon recorder) zum Telegraphieren durch Unterseekabel** ist seinerzeit so vorzüglich durchkonstruiert worden, daß sie erst jetzt eine Vervollkommnung erfahren hat, und zwar durch *S. G. Brown*, der den Heber verkürzte und die Drehspule verkleinerte. Hierdurch ist eine Beschleunigung im Telegraphieren erzielt worden, die bei den größten atlantischen Kabeln 30 Prozent beträgt. *(Engineering 94,* 854, 1912.) *Mk.*

In dem Jahresbericht der internationalen Atomgewichtskommission für 1913 ist bemerkt, daß in die **Atomgewichtstabelle** das *Holmium (Ho) = 163,5* (nach *Holmberg)* eingefügt werden soll. Von weiteren Änderungen ist Abstand genommen worden, um diese nicht zu oft vornehmen zu müssen. An Neubestimmungen seit dem vorjährigen Jahresbericht werden aufgezählt: N = 14,0068 *(Wourtzel);* K = 39,097 und Cl = 35,458 *(Stähler* und *Meyer);* F = 19,0176 und 19,0133 *(Mc Adam* und *Smitz);* P = 31,027 *(Baxter, Moore* und *Boylston);* Hg = 200,64 *(Easley* und *Braun);* Se = 79,26 *(Kuzma* und *Krchlik);* Te = 127,54 *(Harcourt* und *Bakker);* Ra = 225,95 *(Hönigschmid)* und Ra = 226,36 *(Gray* und *Ramsay);* Ta = 181,80 *(Chapin* und *Smith);* Ir = 192,613 *(Hoyermann). (Z. f. Elektrochem. 19,* 36, 1913.) *Mk.*

Die **kritische Temperatur des Quecksilbers** hat *J. Koenigsberger* bestimmt, indem er 5 mg Hg in einer Quarzglaskapillare von 0,1—0,2 mm lichter Weite durch ein Gebläse erhitzte. Die kritische Temperatur ergab sich zu 1270° und der Druck wurde auf mehr als 1000 Atmosphären geschätzt. Die Kapillare hielt den Druck nur wenige Sekunden aus und explodierte dann mit lautem Knall. *(Chem. Ztg. 36,* 1321, 1912.) *Mk.*

Im Berliner Zoologischen Garten ist es gelungen, einige an der holländischen Küste gefangene **Trauerenten** einzugewöhnen, so daß sie jetzt auf dem großen Teich an der Waldschenke wohl und munter ihre Tauchkünste zeigen. Sie haben ihren Namen von dem samtschwarzen Gefieder des Männchens, von dem die rotgelbe Schnabelfirste mit dem Höcker am Grunde desto mehr absticht. Diese Meerenten halten sich meist in Gefangenschaft schlecht, durch Garneelenfütterung hat man ihnen aber hier über die Krisis hinweggeholfen. Sie bewegen sich auch auf dem Lande schlecht, da ihre Beine sehr kurz und weit hinten am Körper eingelenkt sind. Desto besser tauchen sie, und zwar senkrecht hinab, indem sie sich durch einen Hochsprung den nötigen Nachdruck geben, und suchen so ihre meist tierische Nahrung in der Tiefe des Meeres.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W. 9.